www.radio.ru

9 • 2022

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



ДВУХДИАПАЗОННАЯ УКВ-АНТЕННА

ДЛЯ РАБОТЫ ЧЕРЕЗ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СПУТНИКИ

- Драйвер для УМЗЧ
- КВ-радиоприёмник
- Акустический выключатель
- Регулятор для сверлильного станка

...и ещё 11 конструкций

9
2022

ISSN-0033-765X
9 770033 765009 22009

История электронных музыкальных инструментов

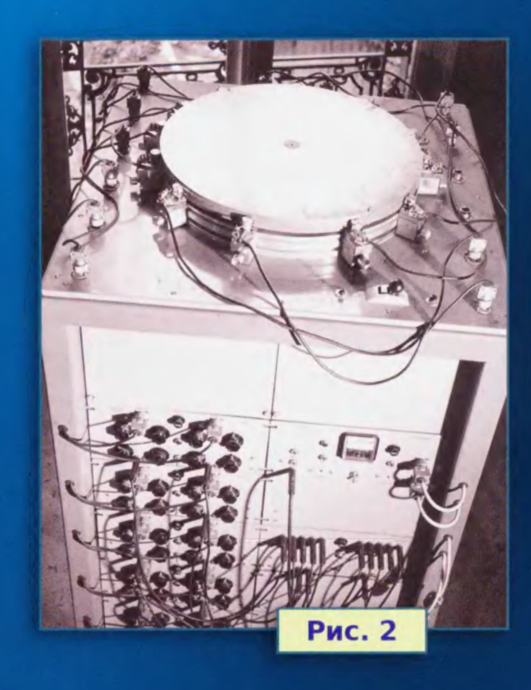
Магнитофон и электронная музыка

Часть 3.

Э. ЭЛИНС, г. Москва

(см. статью на с. 49)


Рис. 1


Рис. 2

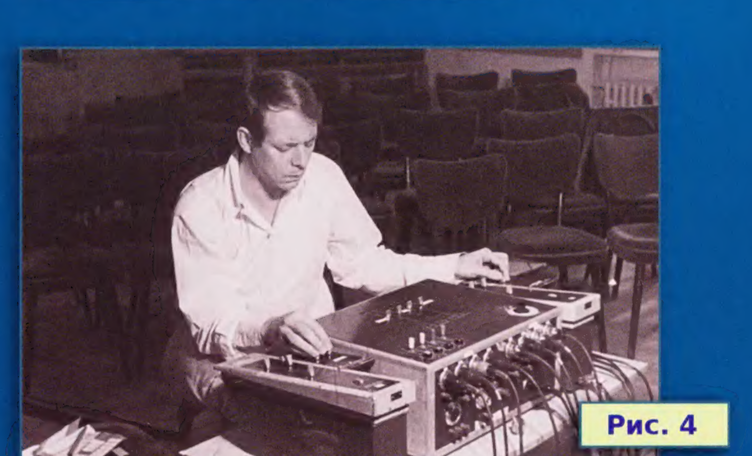

Рис. 4


Рис. 5

Radel

САМОЕ ПОСЕЩАЕМОЕ ОТРАСЛЕВОЕ МЕРОПРИЯТИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ!*

21-23 СЕНТЯБРЯ 2022
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

XXI МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА & ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

НАПОЛНЯЙТЕ КЛИЕНТСКУЮ БАЗУ - ОСНОВУ ВАШЕЙ ЭКОСИСТЕМЫ!



*Выставку 2021 года посетили более 7 700 специалистов







www.radelexpo.ru
(812) 718-35-37

В НОМЕРЕ:

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 46, 47, 58, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке. Двухдиапазонная УКВ-антенна для работы через радиолюбительские спутники (см. статью на с. 55).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ФОНАРЬ С ИОНИСТОРОМ
УМЗЧ БЕЗ ООС ПО СИГНАЛУ
ИСКАТЕЛЬ СКРЫТОЙ ПРОВОДКИ
РАЗРЯДНО-ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО

Тираж журнала «Радио» № 8 сдан для рассылки подписчикам 05.08.2022 г.



**Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833
в ПАО Сбербанк г. Москва, КПП 770801001,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225**

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3000 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4500 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3600 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 5040 руб.

При оплате физическими лицами подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

Цена одного номера журнала в 2022 г. (с 1-го по 12-й номер) при покупке в редакции по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 430 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	395 руб.	490 руб.	800 руб.
2022	1—12	430 руб.	530 руб.	840 руб.

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам необходимо выбрать раздел "платежи и переводы", найти нашу организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О., домашний адрес, за какие журналы или период подписки Вы переводите деньги, сумму и совершить платёж.

Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой журнала "Радио" из редакции пишите на sale@radio.ru. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

**Подписные индексы журнала в каталогах: Официальный каталог Почты России П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032**

Сообщаем, что по решению учредителей компании "ЧипЭКСПО" выставка ChipEXPO-2022 в этом году проводиться не будет.

https://chipexpo.ru/

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

9•2022
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030
Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН
Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА
Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 24.08.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.
За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.
За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.
Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.
В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.
Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.
По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.
В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
© Радио®, 1924—2022. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.
Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 02882-22.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».
www.drweb.com
Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»


Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Болонская "колбаса"

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Болонская колбаса, родственница мортаделлы, обладает характерным колбасным запахом и вкусом".

(https://www.povarenok.ru/recipes/show/127156/)

24 мая министр науки и образования Валерий Фальков впервые заявил о планах ухода России от Болонской двухуровневой системы высшего образования — бакалавриата и магистратуры, а уже 25 мая Государственная Дума начала работу по полному выходу из неё. Фальков, кстати, несколько раз подчеркнул, что Болонская декларация и выход из неё не имеют отношения к признанию российских дипломов за рубежом. По словам министра, этот процесс регулируется только межправительственными соглашениями. Между тем, когда вузы в принудительном порядке заставляли переходить от специалитета к бакалавриату, чиновники объясняли это необходимостью для международного признания российских дипломов. Как успели заметить умные люди, без радости мы вступили в Болонскую систему, без печали и отказываемся. Но осадок в лице понижения общего уровня образования остался. Инженеры-разработчики из 60-х годов прошлого века, которые всё ещё работают, говорят, что в целом потеряно где-то три поколения инженеров, потому что последние подчас годятся лишь разносить бумажки. Впрочем, приятные исключения всегда найдутся.

Важность наличия передовой системы образования для развития страны, прежде всего технологического, как представляется, не нуждается в каком-либо дополнительном обосновании в XXI веке. Остальное, как говорится, приложится. Разумеется, это не означает, что все поголовно должны не только получить высшее образование, но и стать выдающимися специалистами. Так не бывает, да и, собственно, дело не столько в количестве "выдающихся", сколько хотя бы просто в их наличии, а также обязательно и в том, что к ним прислушиваются, формируя, в том числе, и стратегию развития страны.

Когда-то при включении России в Болонский процесс была надежда на то, что модель образования, созданная в пространствах с более развитой экономикой, решит наши проблемы (как говорится, нам бы сейчас те наши проблемы вместо нынешних). Однако реформаторов не смутило, что на Болонскую систему не перешли страны с ещё более развитой экономикой (США) и бурно развивающейся экономикой (КНР). Китайцы, кстати, в конце XX века крайне нуждались в поднятии научного потенциала страны и получении большого числа квалифицированных инженеров самой разной специализации, но, однако же, не примкнули к Болонской системе, которая охватывает подавляющее большинство европейских стран, но не действует в Азии и в ряде университетов США.

Кстати, о США и отечественном образовании. 29 января 1963 г. Джоном Фицджеральдом Кеннеди был озвучен официальный документ — "Специальное послание Конгрессу по вопросам образования". Собственно говоря, это была своего рода презентация реформы американской системы образования. Сопоставление США с Советским Союзом в этом плане вполне объяснимо, потому что в СССР можно

было подводить некоторые предварительные итоги образовательной реформе, начавшейся в середине 1950-х годов под лозунгом укрепления связи школы с жизнью. Итак, в самом конце своего обращения к Конгрессу американский президент сказал следующее: "Необходимость этой программы не зависит от хода холодной войны. Улучшение образования имеет важное значение для развития нашей страны без учёта того, что делают другие. Тем не менее, стоит отметить, что Советский Союз признаёт, что усилия в области образования в 1960-х годах окажут значительное влияние на мощь, прогресс и статус нации в 1970—1980-х годах. Согласно недавнему отчёту, подготовленному для Национального научного фонда, советские высшие учебные заведения выпускают в три раза больше инженеров и в четыре раза больше врачей, чем в Соединённых Штатах. Отставая от этой страны по совокупному годовому числу выпускников высших учебных заведений, Советы поддерживают ежегодный приток научно-технической профессиональной рабочей силы, более чем в два раза превышающий наш собственный. В то же время они практически ликвидировали неграмотность, при этом с начала века доля лиц, получивших образование после седьмого класса, увеличилась в 23 раза. Преданности этой нации образованию, несомненно, достаточно, чтобы превзойти достижения любой другой нации или системы". Под словами "эта страна" и "эта нация" Джон Кеннеди в послании упоминает США и американцев.

В 2005 г., выступая перед американскими губернаторами, Билл Гейтс заявил, что "если мы не хотим, чтобы Америка окончательно превратилась в страну идиотов, в страну тупиц, — мы должны покончить со всеми тестированиями, с этими итоговыми тестированиями, с этими играми бесконечными, и должны вернуться к классической фундаментальной системе образования, потому что американцы перестали быть интеллектуалами".

А мы, видимо, хотели? Раньше мы смеялись над американскими студентами, которые искали Финляндию возле Кореи, а сегодня в Интернете полно отечественных видеороликов о наших "учёных", всерьёз размышляющих о том, зачем Сталин отстранил Кутузова от руководства Курской битвой, как отзывался Пушкин о Солженицыне или почему Наполеон пришёл на помощь Бонапарту. В чём-то и мы, получается, преуспели за последнее время.

Что мы видим в двух приведённых выше цитатах? Как представляется, прежде всего, зависть. А вот отечественных реформаторов не смущало, что участвовавшие в международных проектах зарубежные коллеги всегда признавали высокий уровень компетенций отечественных специалистов. Или что ученики российских спецшкол регулярно побеждали и побеждают на международных олимпиадах, зачастую не имея себе равных. Конечно, практическая реализация Болонской системы дала немалый положительный опыт в организации технологии образовательного процесса и заодно в развитии сопутствующей бюрократии (какого преподавателя ни спросишь — все заняты не совершенствованием компетенций, а заполнением всяческих отчётов и т. п.). Педагоги и учёные львиную долю времени тратят на описание образовательной деятельности в ущерб самой образовательной деятельности. Однако же переход на Болонскую систему не сработал в достижении главной цели — повышении уровня образования. В том числе именно специального, от которого зависит и мощь государства, и всё прочее (ну вы понимаете).

Всем запомнилась известная цитата Германа Грефа: "Россия проиграла в глобальной конкурентной гонке и оказалась в технологическом рабстве. Нужно менять модель образования от детских садов до вузов. Мы пытаемся воспроизводить старую советскую, абсолютно негодную систему образования, мы напихиваем в детей огромное количество знаний". К слову, в получившего образование в стране советской Германа Оскаровича преподаватели сумели "напихать" достаточно и для участия в Правительстве РФ, и для руководства весьма эффективным Сбером.

Впрочем, каждое действие имеет свои цели. Обратившись к истории, можно узнать, что предпосылками для официальной разработки основных положений Болонского процесса послужила необходимость ускорения экономического развития Евросоюза и усиления процессов глобализации; сотрудничества между университетами и развития практических компетенций. Кроме того, возникла необходимость устранить сложности с признанием дипломов других стран и подтверждения знаний, а также конкурентоспособность с американской системой образования. Подписание договора о Болонской системе произошло в Сорбоннском университете в 1998 г. Суть основных требований этой системы такова:

— ввести трёхэтапную образовательную систему — бакалавриат, магистратура, аспирантура и разработать единую систему оценок;

— внедрить кредитную систему накопления баллов (ECTS) и предлагать курсы по выбору, чтобы студент самостоятельно формировал своё обучение;

— выдавать приложение к диплому установленного образца, в котором можно фиксировать этапы непрерывного образования в течение всей жизни (Lifelong learning);

— создавать единое европейское научное и культурное пространство;

— ввести рейтинговую систему для преподавателей и студентов;

— запустить дистанционные программы.

Остальное не так существенно, но какие во всём этом наши цели? Зачем, к примеру, нужно государству Российскому ускорение экономического развития ЕС и усиление процессов глобализации? Кто у нас всё ещё лоббирует эту глобализацию несмотря на последние международные события? Да, было время — мир, дружба, жвачка. Только и за ними были определённые цели у владельцев жвачки. К тому же, идея "сделать Европу от Лиссабона до Владивостока" легла под сукно и, похоже, надолго.

Не надо забывать, что глобализация для России привела к оттоку капитала и квалифицированных кадров, повысилась нелегальная миграция, происходит разрушение внутреннего экономического бизнеса (малого, среднего), так как внутренние структуры принципиально не могут конкурировать с серьёзными корпорациями, давно оптимизировавшими свою деятельность.

А вот что такое бакалавр? Отучился в университетах (академиями и университетами у нас назвались даже ПТУ) четыре года и получил диплом о высшем образовании. Но оно, как бы, не совсем высшее... Слегка, так сказать. Как говорили в советское время — неполное высшее, и выдавали справку о прослушанных курсах. А сейчас ввели в закон понятие неполное высшее: оно теперь так называется, если студент прослушал два курса вуза. Поскольку все специальные предметы начинают изучать с третьего курса, это образование никакое...

А что даёт магистратура? Углублённые познания в специальности и возможность поступления в аспирантуру? А чем вообще магистры отличаются от советских инженеров? Ничем... Тогда зачем это всё? Лишь бы было как у "взрослых"? Когда кончится это обезьянничание?

Впрочем, разве в бакалаврах было дело? Вот известное высказывание Анатолия Чубайса, осуждавшего нерыночность отечественной высшей школы: "Если ты доцент, профессор, завкафедрой в профильном направлении и у тебя нет своего бизнеса, да на кой чёрт ты мне нужен вообще?". Как говорится, по совокупности фактов теперь в высоких кабинетах выясняют, на кой и кому был нужен Чубайс.

А вот что говорил министр образования в 2004—2012 гг. Андрей Фурсенко: "Недостатком советской системы образования была попытка формировать человека-творца, а сейчас задача заключается в том, чтобы взрастить квалифицированного потребителя, способного квалифицированно пользоваться результатами творчества других". Его преемник на посту министра (2012—2016 гг.) Дмитрий Ливанов уточнил эту мысль с точки зрения технологического развития: "Перед нами стоит задача изменения содержания технического образования. Готовить надо не разработчиков технологий, а специалистов, которые могут адаптировать заимствованные технологии". Какое уж тут импортозамещение, если не сказать — импортонезависимость, как часть стратегии национальной безопасности.

Вот и цели проявились. Куда уж яснее — стать страной-потребителем без собственных креативных кадров, а профессора и доценты с кандидатами пусть лучше бизнесом занимаются. Разве это наши цели? Изначально (и принципиально) заложить наше отста-



вание в техническом развитии — это дорогого стоит. А как вам модель сервисного государства, когда вас не лечат и не учат, а лишь оказывают соответствующие услуги? Ещё Аркадий Райкин вопрошал со сцены поставщиков сервиса: "Ребята, кто шил костюм?". Разве мы всего этого не видим? Может, не те люди смотрят?

Понятие образовательные услуги вошло во все чиновничьи циркуляры, вызвав широкое неприятие преподавательского сообщества. Хочется надеяться, благодаря этому давлению в последнюю версию Закона об образовании понятие "образовательная услуга" не попадёт.

Другой тип государства — государство, реализующее принятые обществом нравственные идеалы. Оно исходит из необходимости развития человека в соответствии с этими идеалами. В своё время советское образование было образованием исходной широкой фундаментальной подготовки. Оно было ориентировано на формирование человека-творца. Через решение проблемных задач развивались творческие потенциалы человека, осуществлялось его интеллектуальное развитие. Дальше нужно было лишь желание человека. Только получив фундаментальные широкие знания, учащийся вузов на старших курсах находил себе нишу специализации.

Заметим, при советской власти предприятия всех отраслей делали заявки на специалистов того профиля и квалификации, которые требовались плановой экономике. Профессиональная ориентация закреплялась в ст. 40 Конституции СССР. А теперь может ли кто-нибудь сказать, сколько специалистов, какого профиля и квалификации требуется капиталистическому хозяйству? Говорят, у нас сейчас уже квалифицированных рабочих (сварщиков, монтажников) не хватает из-за разрушения системы профессионально-технического образования. Може, бакалавров подучить немного? Да, и в Правительстве было бы неплохо иметь хоть несколько системных инженеров.

Да, кстати, в начале года Общественный комитет по правам человека обратился к Президенту и директору ФСБ с просьбой возбудить уголовное дело против "неопределённого круга лиц", внедривших в качестве условия для выделения финансирования на научные исследования наличие публикаций в журналах из баз данных Scopus и Web of science. С 2012 г. получить деньги на науку без таких публикаций, действительно, стало невозможно. А стоимость размещения научной статьи в пуле таких журналов была от 200 тыс. рублей и выше. Но даже не сам факт оплаты стал критичным. Требование публикаций в высокорейтинговых зарубежных журналах было ничем не прикрытой научной колонизацией России.

Журналы Scopus и Web of science устанавливали для научных статей важный критерий: их результаты, чтобы быть напечатанными, были обязаны содержать в себе критику действующей политической системы России или указывать на её несостоятельность. Отменить это правило не могли никакие деньги. Десять лет наши учёные обязаны были клепать работы против своей страны, чтобы вуз смог получить деньги от государства. При этом для российских профессиональных журналов создавались невыполнимые условия вхождения в указанные базы данных.

Иначе говоря, владельцы Scopus и Web of science (а именно англосаксы) фактически владели российской наукой и зарабатывали на ней огромные деньги (по разным оценкам, от миллиарда долларов США в год). За 10 лет система высшего образования в России привыкла ругать своё государство за бюджетный счёт, и антироссийская риторика внутри вузовского сообщества стала обычным делом. Более того, учёные-ругатели России автоматически получали доступ в элитный клуб, куда рядовые патриоты не могли бы пробиться ни за какие деньги. Без обозначенных публикаций невозможен был и карьерный рост внутри университета. Получить новую квалификацию без публикаций в англосаксских базах было невозможно по закону.

Что интересно, французы, немцы, итальянцы, китайцы и многие другие в своё время категорически отказались от подобной системы, осознавая её потенциальные риски для своих стран. Забавно и то, что в упомянутом открытом обращении не указаны авторы, принимавшие решение о введении указанной системы в РФ. Но научному сообществу, разумеется, эти имена хорошо известны.

Как говорится, не было бы счастья, да несчастье помогло. В результате последних международных событий нашу страну всё-таки отлучили от Болонской системы образования. К сожалению, сделано это было извне, что не позволяет утверждать, что с этим у нас все согласны. Но что случилось, то случилось. Ну, а эксперты от системы образования следующим образом резюмируют итоги упомянутых выше парламентских слушаний:

— Болонская система и последствия её внедрения признаны губительными для российской системы высшего образования. Оправдываться за введение "западной кальки" уже поздно, необходимы чёткие преобразования;

— минобрнауки позиционирует себя как автор, который берёт на себя ответственность за создание и презентацию новой системы образования. Крайний срок — сентябрь 2022 г.;

— исходя из этой логики, контрольные цифры приёма на 2023 г. должны быть пересмотрены, текущее распределение сделано без учёта озвученных во время слушаний тезисов. Вопросов по бюджетным местам становится слишком много:

— план по уничтожению специалитета в Российской Федерации провалился;

— роль ректоров и профессорско-преподавательского состава в принятии политических решений в области науки и высшего образования должна быть увеличена. Именно преподаватели высшей школы выступали против Болонской системы. Их мнение было полностью проигнорировано;

— эксперимент с Болонской системой показал, что действующая автономия губительна для вузов, поскольку приводит к радикализации части студенческой молодёжи под патронатом ректоров и проректоров;

— индивидуализация образования должна проходить по чётко заданной траектории;

— аргументы об оттоке иностранных студентов и ограничении академической мобильности — искусственные. Самые популярные направления для иностранцев в России преподают на специалитете. А мобильность работала за счёт активности университетов и открытого входа на рынок западных программ по обмену, таких как Эразмус и Фуллбрайт.

В целом понятно. В очередной раз идём верной дорогой. Осталось выстроить идеалы.

А вот про траекторию по движению к ним в целом хотелось бы поподробнее. Как представляется, она пока в целом никому не понятна. Известно, что советские школьники в массе обладали хорошим набором знаний, позволяющим поступать в высшие учебные заведения, и квалифицированные специалисты появлялись. В своё время был поставлен эксперимент — многие богатые люди отправляли своих детей в американские школы. Когда их оттуда выпускали, оказывалось, что они на 2—3 года отстают от своих сверстников в советской школе. Что касается высшего образования, то в странах соцлагеря существовало даже понятие "русский инженер" как признание квалификации в самых разных областях знаний и умений (от абстрактного мышления через разработку нескольких вариантов до конструкторской документации и макетирования). Разрушили. А вот как вернуть обратно?

Быть может, следует наладить связи вузов с научными центрами, компаниями-производителями, где есть в наличии самые высокие и последние компетенции. Преподавать, конечно, могут не всё, но от всех этого и не требуется. В лицеях, к примеру, читают лекции преподаватели вузов, и это полезно для будущих абитуриентов. Ну, а государству следует поощрять подобную деятельность (к примеру, снижением налогов для таких компаний). Данный процесс пойдёт вперёд, если только он будет выгоден обеим сторонам.

В общем, об этом можно говорить много и долго. А по факту у нас — опять реформы образования. Непрерывное реформирование идёт уже не одно десятилетие, и финал не виден. На самом деле система образования, в принципе, очень консервативна, так что вполне можно предположить, что после выхода очередного указа все поддакнут, но при этом будут продолжать делать примерно то же, что и делали прежде.

Но ведь и хорошее тоже делали. Были же спецшколы и лицеи для тех, кто мог и хотел знать и уметь больше. Хорошее высшее образование базируется на хорошем среднем. Тем удивительнее вспоминать, к примеру, о мно-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.

гократно растиражированном мнении Г. Грефа против деятельности физико-математических школ. Такие учебные заведения, мол, имеют чрезвычайно узкую направленность, что плохо сказывается на навыках детей (как раз здесь более уместно вспомнить узкую направленность американского высшего образования). Подобная модель, по его словам, — пережиток советской системы, а математики и программисты не нужны в таком огромном количестве, как их выпускают отечественные вузы. Честно говоря, слышать такое в современном мире побеждающей цифровой экономики довольно странно. Особенно в стране, где столь сильны программисты и где уже к середине 60-х годов прошлого века было порядка 400 школ с углублённым изучением математики и программирования с учебными пособиями С. И. Шварцбурда, В. М. Монахова, В. Г. Ашкинузе, А. Л. Брудно, Р. С. Гутера, П. Т. Резниковского и др. И потому логичны соответствующие успехи отечественной науки.

Кстати, пару слов о Семёне Исааковиче Шварцбурде. В 1959 г. в порядке эксперимента (т. е. этого отродясь не было) в московской школе № 444 в Измайлове он создал первый в мире "математический класс", в котором началось изучение программирования и вычислительной математики — предтеча будущих школ с углублённым изучением отдельных предметов, интернатов для одарённых детей. Этот эксперимент послужил началом внедрения курса программирования в школы с углублённым изучением математики. Семён Исаакович не только "открыл" физматшколу, но и наполнил обучение в ней современным содержанием, впервые провёл компьютеризацию школы (там был свой вычислительный центр и БЭСМ-4), продвинул далеко вперёд колмогоровскую реформу преподавания в школе математики. В 1962 г. он был удостоен звания "Заслуженный учитель школы РСФСР".

С 1967 г. уже в советскую школу вводятся факультативные занятия по основам программирования, ЭВМ и вычислительной математики. В 1967 г. Семён Исаакович создал Московский математический техникум, для которого сам написал учебные и методические пособия. Он был одним из пионеров информатизации общеобразовательных школ. Новатор, подвижник, педагог на протяжении 1960-х годов жил вместе с семьёй при школе № 444, в которой преподавал (из-за перенесённой болезни Семён Исаакович всю жизнь передвигался на костылях). Автор, которому довелось 10 лет проучиться в этой самой школе, помнит, в какой именно комнате жил Семён Исаакович, как помнит и то, что в школе не было математики, а был исключительно математический анализ. И была замечательная команда педагогов.

С. И. Шварцбурду принадлежит идея создания специализированных физико-математических школ в СССР, за внедрение которой ему присуждена первая премия имени К. Д. Ушинского. С 1967 г. — заведующий лабораторией прикладной математики научно-исследовательского института содержания и методов обучения Академии педагогических наук СССР. В 1968 г. Семён Исаакович стал член-корреспондентом Академии педагогических наук СССР, а в 1972 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора педагогических наук.

А тем временем говорили, что в стране проводился курс на постепенное нивелирование спецшкол со "средним по больнице", и от тех самых физматшкол остались только названия. Честно говоря, не хочется в это верить. Очень часто движение вперёд является результатом пинка сзади, поэтому желание государства развивать фундаментальную и прикладную науку отнюдь не с помощью универсальных потребителей, а самых настоящих специалистов должно перерасти-таки в желание как следует занести ногу для указанного выше действия. В конце концов, в одной лодке сидим.

Напоследок хочется привести слова из последнего интервью профессора, доктора наук Сергея Капицы от 2012 г. Там он, в частности, говорил, что "...мы столкнулись с очень серьёзным кризисом науки. И надо честно признать, что в нём полностью виновато общество. Оно не понимает, не хочет понимать истинного значения науки, понимать, что российская наука — единственная надежда на развитие страны в будущем. Понимать, что без неё мы просто превращаемся в нефтегазовый аппендикс при человечестве и теряем какой-либо культурный и научный потенциал, определяющий собственное наше развитие. Пора прислушаться, осознать и делать так, как нужно нам".

Ну а для тех, кому всё ещё хочется чего-нибудь болонского, возьмите 150 г говядины... (и далее см. эпиграф).

По материалам **https://www.presidency.ucsb.edu/documents/special-message-the-congress-education, http://www.spbs.rusphysics.ru/articles/384/, https://arctus.livejournal.com/273998.html?ysclid=l59ae0jff894272995, https://ss69100.livejournal.com/3082456.html?ysclid=l59b3zitgw936816738, https://www.shkolazhizni.ru/school/articles/105020/?ysclid=l59b0zsmsc5529537, https://t.me/mediasrachi3/1946, https://skillbox.ru/media/education/budushchee-obrazovaniya-chto-predskazyvali-eksperty-v-etom-godu/**

Развитие сети GSM

В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл.

"Постулат Биттона об электронике: Если вы её понимаете, значит, она устаревшая" [1].

Стремительное развитие технических средств инфокоммуникаций вызывает не просто интерес, но и необходимость приобретения знаний о средствах связи и о цифровом мире, в котором живём.

Мобильные сети совершенствуются, используя весь мировой опыт развития радиотехники и микроэлектроники!

Для того чтобы погрузиться в мир электроники, уже настало время быть не любителем, а профи!

В статье рассмотрены действующие стандарты мобильной связи 3G и 4G.

GSM: высокоскоростная передача данных HSCSD

За свою историю сети GSM претерпели массу изменений от простых до существенных. Начнём с простых. Часть потребностей у пользователей — это переход от передачи голосовых сообщений к передаче данных. Потребности общества — во всё более скоростной передаче данных (Интернет, телевидение, высококачественное видео). Часть потребностей может быть удовлетворена в рамках сетей GSM. В соответствии со стандартом в сети предусмотрена передача данных со скоростями 9,6 кбит/с и 14,4 кбит/с в зависимости от схемы кодирования. А выбор схемы кодирования зависит от качества физического канала связи (распространение, дальность, отношение сигнал/шум). Качество канала связи оценивает контроллер BSC [2] из

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2022

анализа принятой обучающей последовательности в каждом временном интервале. Увеличение скорости передачи достигается предоставлением одному пользователю двух, четырёх или всех восьми временных интервалов одного частотного канала. Такая технология называется HSCSD — High Speed Circuit Switched Data — высокоскоростная передача данных с коммутацией каналов. Внедрение HSCSD до скоростей 57,6 кбит/с требует всего лишь модернизации программных средств на BTS, BSC и мобильных терминалах. Но вот дальнейшее увеличение скоростей до 76,8 кбит/с и 115,2 кбит/с уже требует изменения и магистральных сетей, так как все соединительные линии в GSM имеют скорость 64 кбит/с в одном временном интервале ИКМ.

Кроме того, сложность: в стандарте GSM тарификация зависит от продолжительности занятия канала, а не от количества переданной информации, поэтому необходимо изменять и системы начисления оплаты.

GSM: пакетная передача данных GPRS

Ещё один шаг на пути от второго поколения мобильных систем к третьему — это внедрение в GSM услуг пакетной передачи данных GPRS (General Packet Radio Service). GPRS позволяет передать данные по IP-протоколу со скоростью 171,2 кбит/с. Выбор конкретной схемы кодирования (от этого зависит скорость передачи) определяется отношением сигнал/шум и выбирается автоматически.

Услуги GPRS не требуют кардинальной перестройки сети GPS. Сеть дополняется тремя устройствами: биллинговым шлюзом (оплата!), узлом поддержки услуг GPRS, коммутатором межсетевого обмена.

Основное отличие передачи данных GPRS от технологии HSCSD в том, что существует возможность совместного использования одного канального интервала несколькими абонентами. Этим объясняется введение биллингового шлюза, обеспечивающего новый вид тарификации, — по объёму передаваемых данных.

GSM: применение М-ичной фазовой манипуляции. Система EDGE

EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution — повышенная скорость передачи данных для эволюции GSM) — это промежуточный стандарт передачи данных на пути к третьему поколению мобильной связи. Здесь повышение скорости достигается введением в радиоинтерфейс восьмипозиционной фазовой модуляции и шести схем кодирования данных со скоростями от 22,8 до 69,2 кбит/с.

Выбор схемы кодирования осуществляется адаптивно в зависимости от достоверности приёма предшествующего информационного блока.

Поколение мобильной связи 3G

Появление новых услуг, связанных с передачей данных, потребовало повышения скорости передачи в сетях мобильной связи и обеспечения её высоких качественных характеристик в целях создания комфортной среды абонентам. Для решения этих задач уже в девяностые годы прошлого века были разработаны новые стандарты мобильной связи третьего поколения. Задача сетей 3G — объединение в единую глобальную телекоммуникационную сеть наземных и спутниковых систем персональной подвижной связи [3]. Речь идёт о глобальном роуминге абонентских терминалов с предоставлением самого широкого спектра услуг, включая мультимедийные.

Таблица 1

Абонент	Неподвижный	В движении (3 км/ч)	В движении (120 км/ч)	Глобальное спутниковое покрытие
				Сеть 3G
Скорость обмена информацией, кбит/с	2048	384	144	64

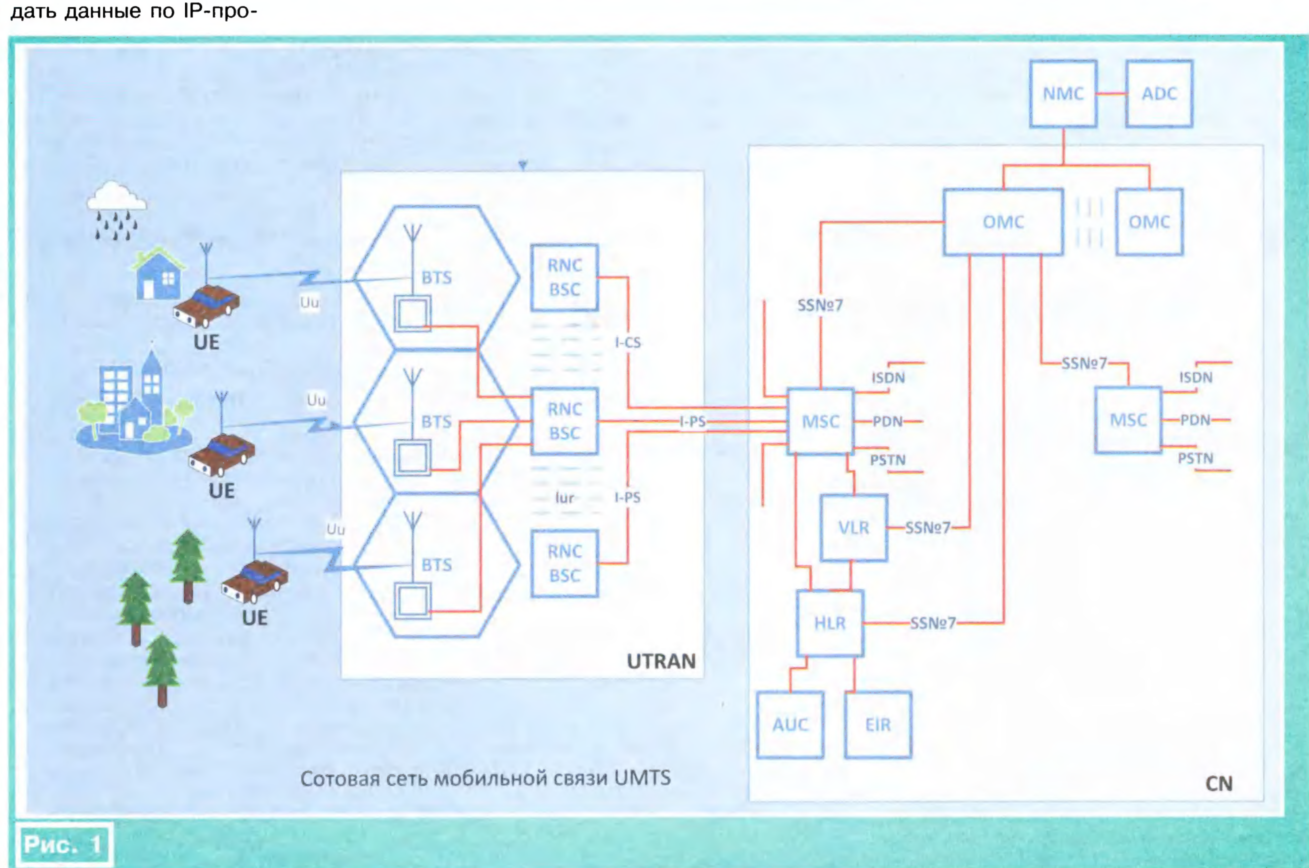


Рис. 1

Таблица 2

Символ	Расшифровка	Перевод
ADC	Administration Center	Административный центр
AuC	Authentication	Центр аутентификации
BTS	Base Telephone Station	Базовая приёмопередающая станция
EIR	Equipment Identification Register	Регистр идентификации оборудования
HLR	Home Location Register	Домашний регистр местоположения
I-CS	Interface Channel Switching	Интерфейс коммутации каналов
ISDN	Integrated Service Digital Network	Цифровая сеть с интеграцией служб
Iu	Interface UTRAN-CN	Интерфейс UTRAN-CN
Iub	Interface BTS-RNC	Интерфейс BTS- RNC
Iur	Interface RNC-RNC	Интерфейс RNC-RNC
MSC	Mobile Switching Center	Центр коммутации мобильной связи
NMC	Network Management Center	Центр управления сетью
OMC	Operation and Maintenance Center	Центр эксплуатации и технического обслуживания
PSTN	Public Switched Telephone Network	Телефонная сеть общего пользования
RNC	Radio Network Controller	Контроллер управления радиосети
TCP/IP	Internet Protocols	Протокол управления передачей данных/Интернет-протокол
UE	User Equipment	Устройства пользователя
UTRAN	UMTS Terrestrial RAN	Сеть наземного радиодоступа UMTS
Uu	Interface UE-BTS	Интерфейс UE-BTS
VLR	Visit Location Register	Визитный регистр местоположения
CN	Network Controller	Контроллер сети

Таблица 3

Технология	GSM	GSM HSCSD	GSM GPRS	GSM EDGE	UMTS	4G
Схема кодирования	CS2	CS2	CS4	PCS6	MCS	OFDM
Скорость передачи, кбит/с	14,4	115,2	21,4	473,6	336/69 Мбит/с	100/1000 Мбит/с

Международный союз электросвязи (МСЭ) дал определение сетей 3G [4]: Под сетью мобильной связи **третьего поколения** понимается интегрированная мобильная сеть, которая обеспечивает скоростные параметры, представленные в **табл. 1**.

Для удовлетворения этим требованиям Европейским телекоммуникационным институтом (ETSI) была разработана и стандартизована универсальная мобильная телекоммуникационная система UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, **рис. 1**). Пояснения к рис. 1 приведены в **табл. 2**.

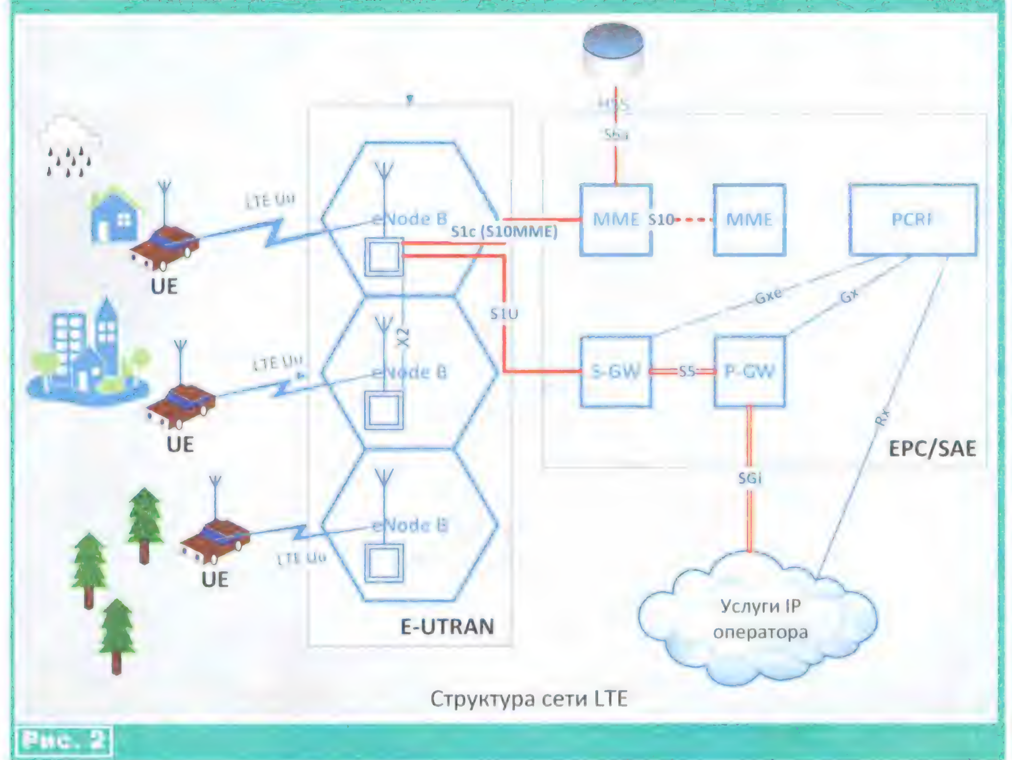
Сеть радиодоступа 3G-сетей, объединяющая в себе сеть базовых станций стандарта 3G (BTS) и радиоконтроллеров RNC (Radio Network Controller), получила название UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

Поколение мобильной связи 4G

В марте 2008 г. сектор радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ-Р) установил ряд требований для нового стандарта международной подвижной беспроводной широкополосной связи 4G. Она названа спецификацией IMT-Advanced (International Mobile Telecommunications Advanced), и для неё определены требования к скорости передачи данных (**табл. 3**).

В качестве новой сети 4G, удовлетворяющей IMT-Advanced, была разработана и победила в конкурентной борьбе система LTE (Long Term Evolution — долгосрочное развитие) [5—8].

Базовый принцип сетей мобильной связи четвёртого поколения — технология мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов OFDM (Ortogonal Frequency-Division Multiplexing) [9]. Кроме того, для повышения эффективности использования частотного ресурса применяется технология одновременной передачи данных с помощью N антенн и их одновременного



Структура сети LTE

Рис. 2

Таблица 4

Параметр	LTE	LTE-Advanced
Максимальная скорость, Мбит/с:		
на линии "вниз"	100	1000
на линии "вверх"	50	500
Общая задержка, мс	~10	<5
Релиз разработчика 3GPP	Rel8	Rel10
Примерный год начала коммерческой эксплуатации	2009/10	2014/3
Метод доступа	OFDMA/SC-FDMA	OFDMA/SC-FDMA

приёма M антеннами MIMO (Multiple Input/Multipe Output — множество входов/множество выходов) [10].

LTE/LTE-Advanced: структура сетей стандарта LTE

Архитектура сети LTE/ LTE-Advanced (**рис. 2**) полностью соответствует сети IP и предназначена для обеспечения голосовой связи в режиме коммутации пакетов.

Сеть LTE состоит из двух важных компонентов: сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE. E-UTRAN (Evolved UTRAN) — усовершенствованная сеть радиодоступа UTRAN (знакомая по системам третьего поколения), но состоит только из базовых станций (eNB — evolved Node B — усовершенствованный узел B). Они дополнительно выполняют функции контроллера базовой станции. Все базовые станции образуют полносвязную сеть с интерфейсом X2. Используя этот интерфейс, осуществляются перераспределение нагрузки между базовыми станциями и хэндовер в сети LTE.

SAE (System Architecture Evolution — усовершенствованная архитектура сети). В последнее время это название заменено на EPS (Evolved Packet System — усовершенствованная система передачи пакетов). Она является опорной IP-сетью, обеспечивающей взаимосвязь различных мобильных сетей между собой.

MME (Mobility Management Entity) — узел управления мобильностью сети SAE. Узел управляет протоколами контроля многих действий (выбор шлюзов, идентификация и др).

Каждая базовая станция сама выбирает узел управления мобильностью MME.

Информация для пользователей и от пользователей поступает на шлюзы S-GW и P-GW.

S-GW (Serving Gateway) — обслуживающий шлюз — для маршрутизации пакетов данных.

P-GW (Packet Gateway) — пакетный шлюз используется для коммутации пакетов к внешним IP-сетям.

LTE/LTE-Advanced: функции и технологии

Спецификации стандарта включают в себя новейшие методы радиосвязи, позволяющие достигать уровня производительности, намного превосходящего известные ранее системы, например на основе CDMA.

Спецификации стандарта LTE-Advanced имеют своей основной целью удовлетворение разнообразных потребностей новейших телекоммуникационных приложений, которые в обозримом будущем станут общепринятыми. В инженерном плане отличия стандартов LTE и LTE-Advanced [7] заключены в более высоких скоростях и меньшем времени задержки (**табл. 4**).

LTE/LTE-Advanced: агрегация несущих

Для достижения высоких скоростей передачи данных разработчики увеличили ширину полосы частот в канале передачи, при этом она должна стать больше заявленной в первых релизах

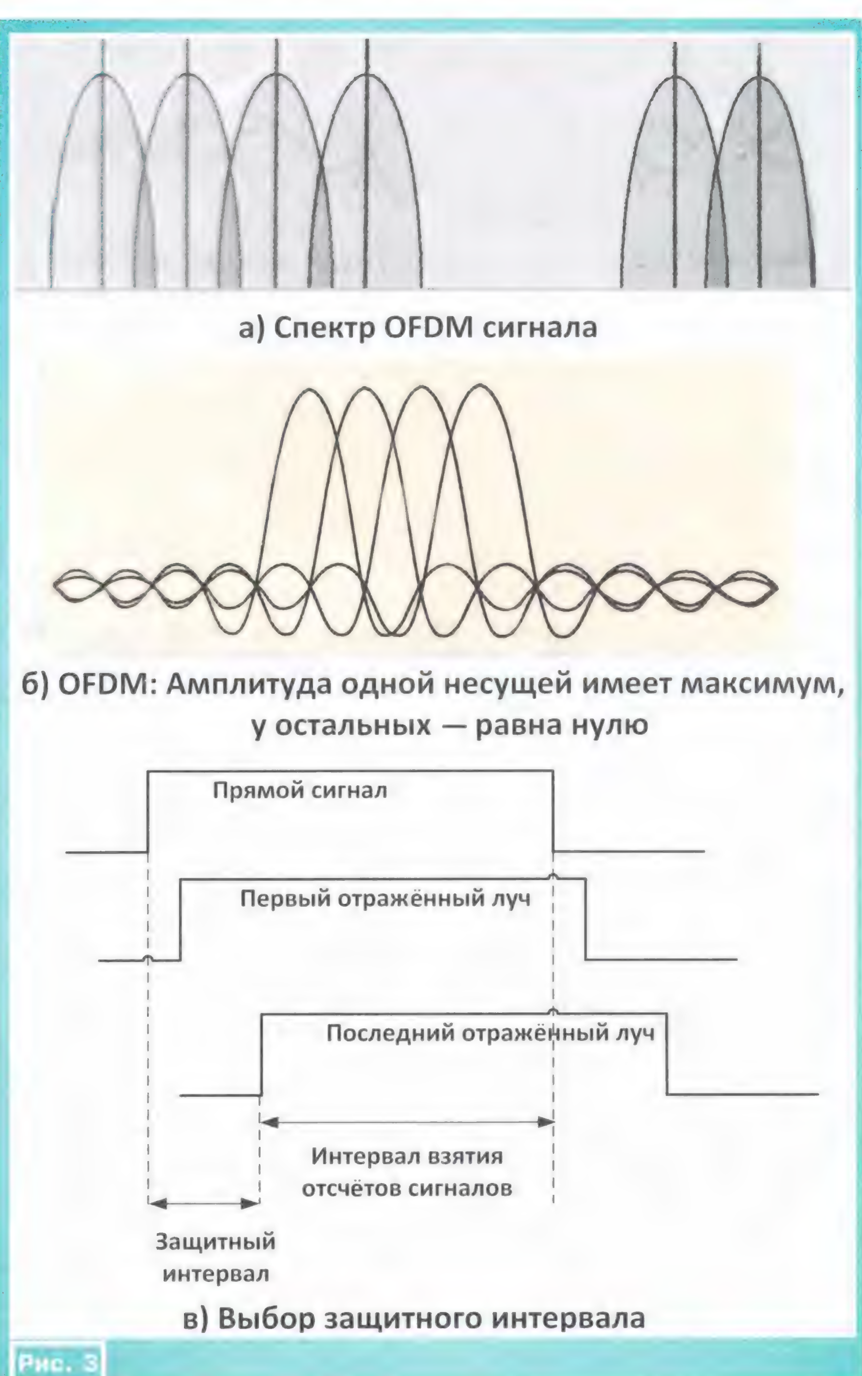


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

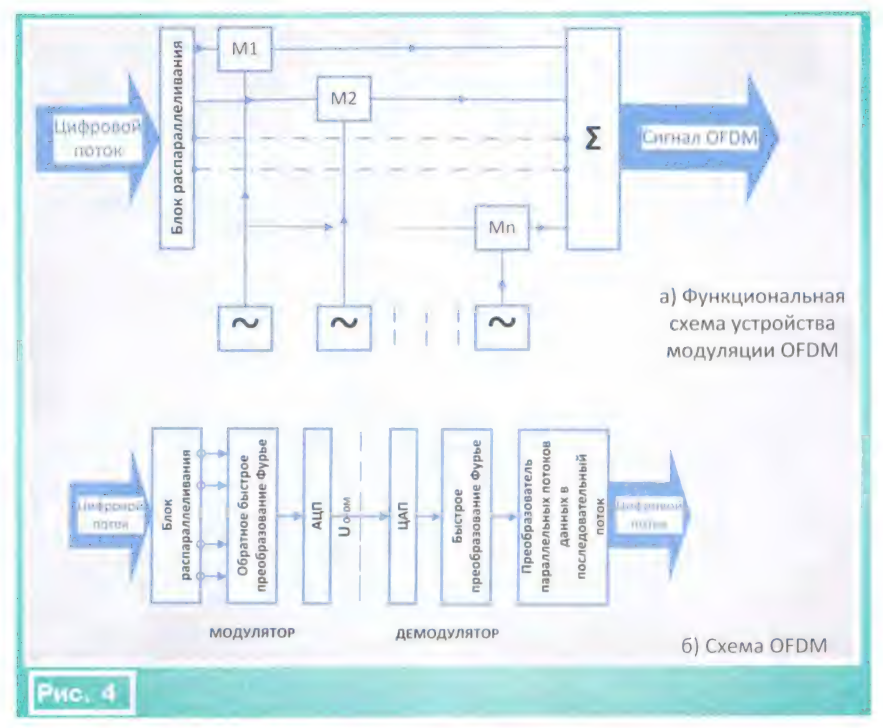


Рис. 4

стандартов LTE. Предложенный для этой цели метод — **агрегация несущих** (т. е. объединение или суммирование полос каналов). Используя в стандарте LTE-Advanced агрегацию несущих для формирования одной ширины полосы передачи (использованием нескольких несущих), удаётся существенно увеличить пропускную способность канала.

LTE/LTE-Advanced: адаптивная модуляция

Для увеличения пропускной способности канала в системе адаптивно выбирается вид модуляции на основании оценки качества канала связи (соотношения сигнал/шум на входе). Возможный выбор — квадратурная амплитудная или квадратурная фазовая манипуляция с различными сигнальными созвездиями в зависимости от требуемой скорости передачи сигналов.

LTE/LTE-Advanced: метод доступа OFDMA

Системы четвёртого поколения характеризуются высокоскоростной передачей данных. При этом основная проблема — межсимвольная интерференция, возникающая при многолучевом распространении сигналов.

Например, нужная скорость передачи по радиоканалу — 100 Мбит/с. При одной несущей длительность импульса $T_и = 10^{-8}$ с.

Если время задержки прихода второго (отражённого) луча равно длительности импульса, второй импульсный сигнал наложится на импульс прямого луча. Возникнут ошибки. В случае множества ошибок избыточное кодирование их не исправит.

Цифровой поток | Цифровой поток
Демодуляция | Модуляция
Обратное преобразование Фурье | Прямое преобразование Фурье
Обратное распределение по поднесущим | Распределение по поднесущим
Прямое преобразование Фурье | Обратное преобразование Фурье
Удаление циклического префикса | Вставка циклического префикса
Обратное преобразование частоты | Преобразование частоты

СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛА SC-FDMA В LTE

Рис. 5

Рассчитаем разность хода лучей при времени задержки $T_и$:

$S = c \cdot T_и = 3 \cdot 10^8$ (м/с) $\cdot 10^{-8}$ (с) = 3 (м),

где c — скорость распространения радиосигнала.

Это реальные расстояния между предметами или постройками. Такая разность в ходе сигналов возникает всюду.

Избавляются от этого увеличением длительности сигнала в сотни, в тысячи раз. В этом случае интерференция будет заметна при разностях хода луча в 300 м и 3000 м соответственно. Но при такой разнице в ходе второй луч будет иметь много меньшую мощность (она обратно пропорциональна квадрату расстояния). Таким образом, увеличив длительность символа, уменьшаем межсимвольную интерференцию переотражённых сигналов. Но увеличение длительности приводит к уменьшению скорости передачи сигнала, что неприемлемо. Найдено решение — в расщеплении передаваемого сигнала на N отдельных низкоскоростных потоков с большой длительностью передаваемых символов. Для этого применяют метод OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов [9].

В OFDM полоса частот подразделяется на множество поднесущих частот, как показано на **рис. 3**,а.

В методе множественного доступа OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) входящий поток данных делится на несколько параллельных потоков с более низкой скоростью передачи, что приводит к увеличению длительности символов. Каждый подпоток модулируется и передаётся на своей ортогональной поднесущей. Подпотоки представляют собой данные от одного или нескольких абонентов.

Условие ортогональности поднесущих: $\Delta f = f_i - f_{i-1} = 1/T_и$, т. е. за время длительности передаваемого сигнала должно укладываться целое число периодов разностной частоты.

Ортогональность поднесущих позволяет на приёме выделить каждую поднесущую из суммарного сигнала даже в случае частичного перекрытия полос их спектров.

Для синхронизации частот всех поднесущих вводится специальный синхронизирующий сигнал. Ортогональность поднесущих означает, что когда амплитуда одной из поднесущих имеет максимум, то амплитуды всех остальных поднесущих равны нулю (рис. 3,б).

Сдвиги и неточности временной синхронизации приводят к снижению отношения сигнал/шум и к ошибкам в приёме сигнала. Поэтому синхронизация организована высокоточной, и имеется защитный интервал для повышения устойчивости сигнала к помехам.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Метод оказался очень эффективным при высокоскоростной передаче сигнала для борьбы с многолучёвостью в условиях города.

LTE/LTE-Advanced: реализация

Практическая реализация (с числом несущих от 200 до 2048) требует построения схемы, показанной на **рис. 4**,а. На практике эта схема заменяется эквивалентной (рис. 4,б), поскольку модуляция с дальнейшим суммированием ортогональных составляющих по форме совпадает с дискретным преобразованием Фурье. Входящий цифровой поток разбивается на блоки по N символов (N — число поднесущих). Каждый блок последовательных данных распараллеливается, изменяется с учётом применяемого вида модуляции и с помощью обратного преобразования Фурье объединяется в сумму ортогональных поднесущих. Полученный OFDM-сигнал в ЦАП преобразуется в высокочастотный радиосигнал, который передаётся по радиоканалу.

OFDMA — множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов — это метод многостанционного доступа.

LTE/LTE-Advanced: метод доступа SC-FDMA

Метод OFDMA технологически характеризуется высоким уровнем пик-фактора (отношением максимальной к средней мощности в единицу времени). Для абонентского терминала (смартфона) — это вопрос длительности работы от заряженного аккумулятора. Поскольку OFDM-технология характеризуется высоким уровнем пик-фактора, то в терминалах в линии "вверх" используют другой (малопотребляющий) метод. Это метод SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) — множественный доступ с частотным разделением каналов с одной несущей частотой.

В LTE в линии "вверх" используется SC-FDMA, который повторяет OFDMA при двух отличиях.

Первое — на интервале длительности символа модулированные символы данных передаются не одновременно на поднесущих частотах, а последовательно. Длительность символа сокращается (в число поднесущих раз), при этом полоса частот расширяется, занимая суммарный спектр этих поднесущих.

Второе — модулированный сигнал подвергается прямому дискретному преобразованию Фурье.

Остальные преобразования совпадают с преобразованием в канале от базовой станции: распределение по поднесущим, обратное дискретное преобразование Фурье, вставка циклического префикса, преобразование с повышением частоты (**рис. 5**).

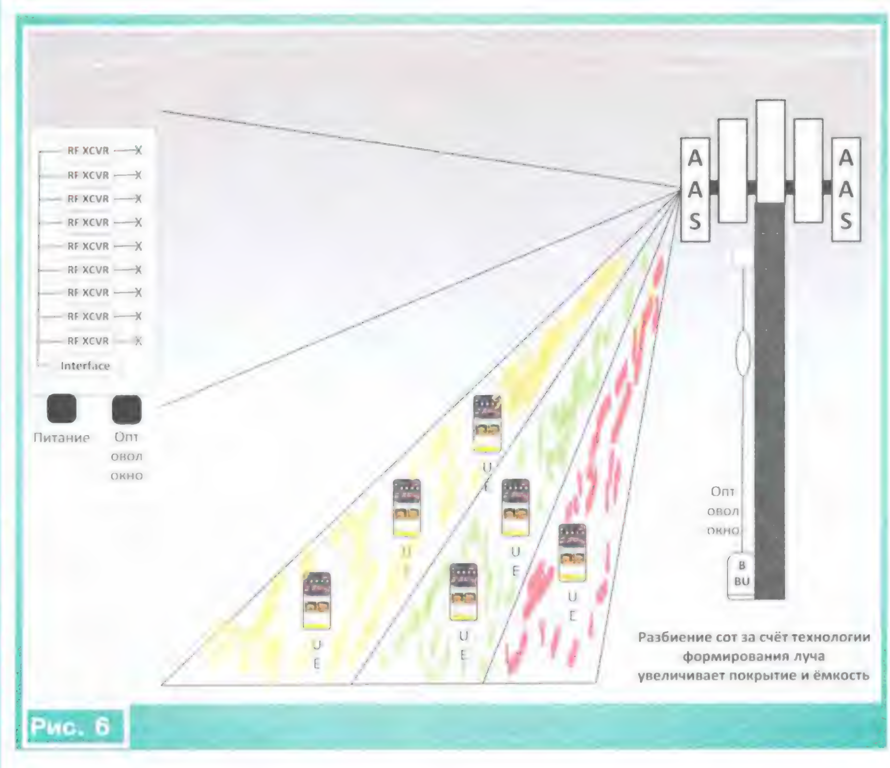


Рис. 6

LTE/LTE-Advanced: технология MIMO в LTE

Повышение качества услуг и повышение скорости передачи данных в LTE связано с использованием технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output — множественный вход—множественный выход), т. е. с использованием нескольких передающих и нескольких приёмных антенн.

MIMO — метод пространственного мультиплексирования сигнала, при котором передача данных осуществляется с помощью Nt антенн и их приёма Nr антеннами. Передающие и приёмные антенны разнесены настолько, чтобы обеспечить минимальное влияние одна на другую. В основе лежит организация параллельных пространственных каналов в общей полосе частот с помощью многоканальных антенн, позволяющих распределять энергетику между этими каналами и избежать насыщения пропускной способности. Также этот метод позволяет уменьшить негативное влияние многолучёвости в радиоканале за счёт разнесения антенн.

Концепция MIMO предусматривает множество вариантов развёртывания антенных систем. В частности, на **рис. 6** [8] показано разбиение сот за счёт формирования луча, что увеличивает ёмкость сотовой сети.

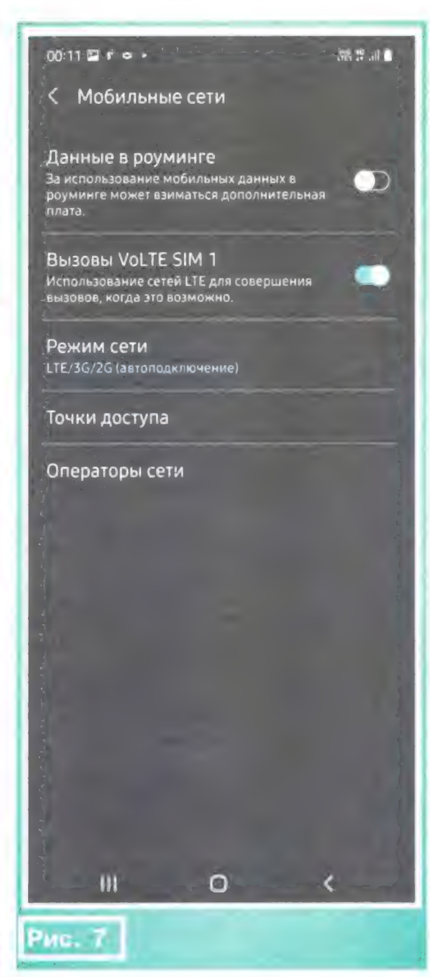


Рис. 7

Заключение

Четвёртое поколение полноправно набрало обороты (**рис. 7**). Мы видим на экране смартфона долгожданное: "LTE"!

Мир работает уже над будущими чудесными поколениями электроники и умными сетями [11].

Стратегия нашего государства направлена на предоставление передовых и надёжных средств связи для широкого использования гражданами [12]. Мы уже не мечтаем, а имеем средства современной мобильной связи.

По оценкам специалистов [8, 11, 13], следующее поколение мобильный сетей 5G станет ответом на прогнозы:

- Более чем в 1000 раз вырастет пропускная способность сетей;
- Рост скорости передачи данных 1 Гбит/с;
- Наступит эпоха Интернета вещей;
- Понизится энергопотребление аппаратов (до десяти раз);
- Улучшится качество сетей связи.

Для достижения этих целей разрабатываются новые подходы в использовании радиоспектра, создаётся новое оборудование, реализуются новые принципы построения радио- и коммутационной аппаратуры.

В ближайшем будущем основным фактором, влияющим на развитие технологий мобильной связи и беспроводного доступа, явится массовое увеличение числа пользователей услуг, включая роботов и автоматы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полное собрание законов Мерфи / пер. с англ. — Минск: Попурри, 2006.

2. **Серопегин В.** Мобильная связь стандарта GSM. — Радио, 2022, № 8, с. 7—11.

3. **Волков А. Н., Рыжков А. Е., Сиверс М. А.** UMTS стандарт сотовой связи третьего поколения. — Спб: Линк, 2008.

4. Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast for 2013 to 2018. — URL: **http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2014/02/020714c.html** (15.07.22).

5. ITU Word Radiocommunication Seminar highlights future communication technologies/International Telecommunication Union. — URL: **http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/48.aspx#.WTZkaPntlH4** (15.07.22).

6. **Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Минаев И. В.** Стандартизация, спецификации, эволюция технологии и архитектура базовой сети LTE. — Сети и средства связи, № 2(10). Спец. выпуск "Сети доступа", 2009, № 3.

7. **Тихвинский В. О.** Сети мобильной связи LTE/LTE Advanced. Технологии 4G, приложения, архитектура. — М.: Медиа Паблишер, 2014.

8. **Степутин А. Н., Николаев А. Д.** Мобильная связь на пути к 6G. Том 1. — М:, Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.

9. **Лохвицкий М. С.** Способ приёма сигналов OFDM. Патент на изобретение № 2646361, 2018.

10. **Бакулин М. Г., Варукина Л. А., Крейнделин В. Б.** Технолоия MIMO: принципы и алгоритмы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2014.

11. **Крейнделин В. Б.** Перспективные технологии радиосвязи в системах 5G/ Доклад на XII Международной отраслевой научно-технической конференции "Технологии информационного общества". — М., 2018.

12. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы/Указ Президента РФ № 203 от 9 мая 2017 г.

13. **Гольдштейн Б. С.** Инфокоммуникационные сети и системы. — СПб: БХВ-Петербург, 2019.

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. С 1 июля 2022 г. уфимцы могут слушать "Радио Спутник" на частоте 91,1 МГц.

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. Радио "Маруся ФМ" продолжает расширять сеть своего вещания. В Белгородской области жители ещё двух населённых пунктов могут слушать новые русские хиты, во втором по величине городе региона — Старом Осколе на частоте 100,4 МГц и посёлке Вейделевка на частоте 105,7 МГц (источник — URL: **http://marus.fm** (20.07.22)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. С 1 июля 2022 г. в пакет медиахолдинга "Свежий ветер. Волгоград" вошли ещё три радиостанции. Теперь филиал холдинга в этом городе будет готов предоставить рекламодателям возможности для продвижения своих продуктов и товаров на 13 радиоканалах с широчайшим диапазоном целевой аудитории. Под управление "Свежего ветра" в Волгограде перейдут "Русское Радио", DFM и "Радио MAXIMUM" (источник — URL: **https://sv-veter.ru/news/novye-stantsii-v-kholdinge-v-volgograde/** (20.07.22)).

КАРЕЛИЯ. "Радио 7 на семи холмах" — московская музыкальная станция с лёгкой зарубежной музыкой зазвучало в Петрозаводске. Новая радиостанция начала вещание на частоте 101,8 МГц. Этим летом она отметила 30-летие начала вещания в стране. В эфире "Радио 7 на семи холмах" звучат популярные песни современности и основные хиты второй половины XX века. Радиостанция входит в состав "Европейской медиагруппы", к которой также относятся такие известные и уже вещающие в Петрозаводске радиостанции, как "Европа Плюс" и "Новое радио" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83678/** (20.07.22)).

КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛ. 4 июля 2022 г. филиал РТРС "Кемеровский ОРТПЦ" начал УКВ-трансляцию "Радио Вера" с радиотелепередающей станции в Новокузнецке. Частота вещания — 94,2 МГц, мощность передатчика — 0,5 кВт (источник — URL: **https://kemerovo.rtrs.ru/tv/analog/v-novokuznetske-nachalas-translyatsiya-radiokanala-radio-vera** (20.07.22)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. В Краснодаре на частоте 89,7 МГц снова запущено вещание "Радио Книга". Ранее был обещан запуск станции по всей стране в начале лета (источник — URL: **https://krasnodar.rtrs.ru/prof/live-broadcasting/analog/rtrs-vozobnovil-translyatsiyu-radio-kniga-v-krasnodare/** (20.07.22)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. 8 июля 2022 г. в Норильске запущено вещание радиостанции "Маруся ФМ" на частоте 103,5 МГц. Норильск — первый город вещания этой радиостанции в Красноярском крае.

КРЫМ. Радиостанцию "Хит FM" теперь могут слушать гости и жители города-курорта Ялты, который ежегодно посещают около 80 тысяч человек. Актуальные западные и отечественные хиты можно услышать на частоте 96,4 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83608/** (20.07.22)).

МАГАДАНСКАЯ ОБЛ. С июня 2022 г. в эфире Магадана звучит "Радио ИСКАТЕЛЬ". Вещание осуществляется в тестовом режиме. Открытие вещания в Магадане усиливает присутствие "Радио ИСКАТЕЛЬ" в Дальневосточном федеральном округе России. Помимо Магадана, в этом федеральном округе эту радиостанцию можно услышать в Комсомольске-на-Амуре и Южно-Сахалинске. Скоро к ним присоединятся Биробиджан и Благовещенск. Слушателей ждёт сплав настоящей мужской рок-музыки и познавательных программ. "Радио ИСКАТЕЛЬ" кратко и интересно расскажет обо всём самом интересном из мира науки и техники, о приключениях и путешествиях, о природной красоте России, о наших знаменитых соотечественниках (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83460/** (20.07.22)).

МОРДОВИЯ. После двухмесячного перерыва в г. Саранске возобновлено вещание на частоте 96,2 МГц радио "Ретро FM".

МУРМАНСКАЯ ОБЛ. В Ковдоре на частоте 89,3 МГц жители и гости города могут услышать "Дорожное радио".

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 27 июня филиал РТРС Нижегородский ОРТПЦ начал трансляцию "Русского радио" с радиотелевизионной станции "Семёнов" на частоте 89,5 МГц. "Русское радио" стало первой УКВ-радиостанцией, передатчик которой размещён непосредственно в Семёнове, который называют столицей Золотой Хохломы. УКВ-передатчик мощностью 100 Вт установлен на радиотелевизионной станции, построенной благодаря федеральной целевой программе по переходу с аналогового на цифровое эфирное телевидение. Сигнал радиостанции доступен жителям Семёнова и близлежащих населённых пунктов в радиусе 28 км. "Телесеть РТРС обеспечивает повсеместную трансляцию современного многопрограммного цифрового телевидения без абонентской платы и становится технологической базой для развития эфирного радиовещания в регионе", — сказал директор нижегородского филиала РТРС Михаил Небольсин. Директор ООО "Медиалайн" (вещатель "Русского радио" в г. Семёнове). Сергей Пучкин подтвердил, что инфраструктура РТРС стала драйвером расширения медиабизнеса в районах области. Региональные компании-радиовещатели получают доступ к современным технологическим возможностям и сервисам,

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

а слушатели — к новым станциям в эфире. Цифровая инфраструктура РТРС используется также в программе модернизации сети радиовещания ВГТРК для ввода УКВ-передатчиков "Радио России", "Радио Маяк" и "Вести FM" (источник — URL: **https://nnovgorod.rtrs.ru/tv/analog/nizhegorodskiy-filial-rtrs-nachal-translyatsiyu-russkogo-radio-v-semenove-27-iyunya/** (20.07.22)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Сибирский РЦ" расширил зону охвата единственной районной радиостанции в Новосибирской области с круглосуточным вещанием — "Радио Сузун FM". Частота вещания — 101,3 МГц, мощность передатчика — 0,25 кВт. Работники аварийно-профилактической группы филиала РТРС смонтировали антенну "Радио Сузун FM" на объекте в Сузуне на высоте 77 м. Это позволило увеличить радиус охвата сигналом радиостанции. Возможность слушать "Радио Сузун FM" получила 31000 жителей 41 населённого пункта Сузунского района. В эфире радиостанции представлены музыкальные композиции, новости о событиях в мире, стране и регионе, прогноз погоды. Жители Сузунского района впервые услышали "Радио Сузун FM" 11 декабря 2013 г. Открытие УКВ-радиостанции оказалось длительным процессом. Все организационные, технические и финансовые вопросы основатели радио решали своими силами, от ремонта помещения до наполнения эфира. В информационной программе "7 дней" радиослушателей Сузунского района знакомят с событиями района, оперативной информацией, комментариями администрации. О большинстве культурных и спортивных мероприятий жители района узнают из "Радиоафиши". В еженедельной программе "Сузунское вдохновение" районный клуб самодеятельных авторов "Вдохновение" представляет своё творчество любителям поэзии (источник — URL: **https://novosibirsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-transliruet-rayonnuyu-radiostantsiyu-radio-suzun-fm-v-suzunskom-rayone-novosibirskoy-oblasti** (20.07.22)).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. 19 июля 2022 г. в Пензе зазвучало Comedy Radio на частоте 107,5 МГц.

САМАРСКАЯ ОБЛ. В Самаре на частоте 101 МГц возобновила вещание радиостанция "Маруся ФМ". Напомним, что до 1 августа 2021 г. горожане могли слушать радиостанцию на частоте 90,6 МГц. Однако компания "Интеррадио", осуществлявшая вещание, была ликвидирована, а Роскомнадзору было запрещено переоформлять на новых владельцев лицензии на вещание. Тогда продюсер радиостанции Сергей Карпенко пообещал сделать всё возможное, чтобы "Маруся ФМ" снова зазвучала в Самаре. Новым партнёром станции стало ООО "Музыкальное радио" в лице генерального директора Ольги Замятиной (источник — URL: **https://t.me/pro_f_m/402** (20.07.22)).

САРАТОВСКАЯ ОБЛ. 6 июля 2022 г. министр цифрового развития и связи Саратовской области Адель Славутин дал старт трансляции радиостанции "Вести FM" с радиотелевизионной передающей станции "Широкий Буерак" филиала РТРС "Саратовский ОРТПЦ". Саратовский филиал РТРС начал трансляцию радиостанции "Вести FM" на частоте 97,4 МГц. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает радиосигналом 313000 жителей 125 населённых пунктов Балаковского, Вольского, Духовницкого, Марксовского, Пугачёвского и Хвалынского районов Саратовской области (источник — URL: **https://moscow.rtrs.ru/press/news/roman-busargin-dal-start-fm-translyatsii-vesti-fm-so-stantsii-shirokiy-buerak/** (20.07.22)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ и ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Трансляция "Радио Мария" в Санкт-Петербурге (частота вещания — 105,3 МГц) и Выборге (частота вещания — 92,6 МГц) временно приостановлена. Решение о выключении передатчика в период с 11.07.2022 г. до 10.09.2022 г. принято вещателем (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/analog/radio-mariya-v-sankt-peterburge-i-vyborge-vremenno-prekratilo-translyatsiyu/** (20.07.22)). Вещание этой радиостанции онлайн и в WhatsApp работает.

Радио Energy FM в Выборге (частота вещания — 105,5 МГц) транслируется на пониженной мощности — 0,1 кВт. Решение об изменении мощности радиотрансляции принято вещателем (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/analog/radio-energiya-fm-v-vyborge-izmenila-moshchnost-veshchaniya/** (20.07.22)).

СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ. Радиостанция "Восток FM" во Владикавказе вещает на частоте 100,8 МГЦ, охват населения — 607,8 тыс. человек. Лицензия на осуществление радиовещания принадлежит холдингу Krutoy Media. (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/9468.htm** (20.07.22)).

ХАКАСИЯ. В селе Таштып (от хакасского Тас тып — каменное дно), расположенном на одноимённой реке, на 150 км западнее столицы Хакасии — г. Абакана, запущено вещание "Радио Искатель" на частоте 101,9 МГц (источник — URL: **https://radioiskatel.ru/all-news/radio-iskatel-rasshiryaet-svoyo-zvuchanie-v-xakasii/** (20.07.22)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. 11 июля 2022 г. в 06:20 в Юрюзани на частоте 103 МГц запущена трансляция L-Radio. Первое включение было только с левым каналом, позже перезапустили на полноценное стерео (источник — URL: **https://vk.com/wall-18520524_37756** (20.07.22)).

ИНТЕРНЕТ-РАДИО

Музей Анны Ахматовой в Петербурге запустил "Радио Фонтанный дом", специальный интернет-проект для жителей города. Как уточнили в музее, все желающие могут послушать авторские лекции об истории и современной культуре, редкие записи из музейных фондов, музыку современных композиторов, интервью и многое-многое другое. В пилотном эфире, в частности, можно прослушать истории Фонтанного дома, ознакомиться с фрагментами авторской лекции известного искусствоведа, лауреата премии Фонда имени академика Лихачёва Михаила Мильчика о реконструкции Летнего сада, узнать подробности биографии Иосифа Бродского, Анны Ахматовой и Николая Гумилёва. Также "Радио Фонтанный дом" представляет цикл лекций критика Глеба Ершова об авангарде — необычный и субъективный взгляд на историю самого известного направления отечественной художественной культуры (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83517/** (20.07.22)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ГЕРМАНИЯ. Немецкая телерадиокомпания Deutsche Welle (признана в России СМИ-иноагентом) возобновила вещание на русском языке. Об этом говорится в заявлении на её сайте. "Немецкая медиакомпания Deutsche Welle возобновляет радиовещание на русском языке. Программа DW будет транслироваться из Вильнюса в течение получаса каждый вечер на средних волнах", — отмечается в сообщении. Радиоверсии телепередач "DW Новости" и "В самую точку" будут доступны к прослушиванию в России и Белоруссии с 21:00 до 21:30 по московскому времени на частоте 1386 кГц. Радиовещание на средних волнах — совместный проект с "Радио Свобода" (внесено в реестр иностранных СМИ, выполняющих функции иностранного агента). Его программы будут выходить в эфир на этих же частотах до полуночи по московскому времени. Техническим партнёром, который осуществляет запуск радиосигнала из Вильнюса, выступает международная вещательная компания Radio Baltic Waves International. 4 февраля 2022 г. стало известно о закрытии московского бюро Deutsche Welle. Перед этим МИД России анонсировал, что в стране будет прекращено спутниковое и иное вещание DW. 4 марта 2022 г. сообщалось, что Роскомнадзор заблокировал в России сайт DW. В регуляторе отметили, что причиной этой меры стало распространение изданием ложной информации о спецоперации на Украине. 28 марта 2022 г. Минюст России признал немецкое издание Deutsche Welle СМИ-иноагентом. Уточняется, что такое решение было принято на основании документов, поступивших от уполномоченных органов государственной власти (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83575/** (20.07.22)).

ШВЕЙЦАРИЯ. Швейцария решила не переносить на более поздний срок отключение аналогового УКВ-радиовещания в стране. 15 июня 2022 г. Швейцарский национальный совет, являющийся нижней палатой швейцарского парламента — Федерального собрания, проголосовал против отсрочки окончания аналогового УКВ-радиовещания в стране. Ранее правительство Швейцарии — Федеральный совет и верхняя палата швейцарского парламента Совет кантонов проголосовали, напротив, за перенос сроков окончания

УКВ-радиовещания на более позднее время, которое должно было наступить не ранее как при покрытии 90 % территории страны эфирным цифровым радиовещанием стандарта DAB+. Однако теперь Национальный совет заблокировал данное предложение верхней палаты и правительства страны, проголосовав 79 голосами против отсрочки, при 73 голосах за отсрочку и при 24 воздержавшихся. Таким образом, теперь предложение о переносе отключения аналогового УКВ-радиовещания в стране на более поздний срок больше не будет рассматриваться швейцарскими властями (источник — URL: **https://obob.tv/radioveshhanie/shveycariya-nepreklonna-v-dele-otklyuche/** (20.07.22)).

РУМЫНИЯ. ИнтерРадио Румыния в летнем сезоне 2022 г. на русском языке выходит по следующему расписанию: с 04.30 до 04.56 — в аналоговом формате в направлении России на частоте 6190 кГц, в цифровом формате (DRM) частота вещания — 7305 кГц. С 13.00 до 13.56 — только в аналоговом формате на частотах 11940 кГц и 13610 кГц в направлении Дальнего Востока. С 15.00 до15.26 — в аналоговом формате в направлении России на частоте 11810 кГц, в цифровом формате частота вещания — 9580 кГц. Передатчики расположены в Цигэнешть, недалеко от Бухареста. Для вещания в аналоговом формате используется мощность 300 кВт, в цифровом — 90 кВт. Примечание автора рубрики: в связи с выходом из строя части передатчиков, на русском языке в аналоговом формате слышны радиопередачи только на частоте 13610 кГц.

УКРАИНА. Радиостанция "Русское радио" начала вещание на территории Херсона и Херсонской области. Об этом сообщает ТАСС. Частота "Русского радио" в Херсоне — 106,2 МГц. Сообщается также, что новая студия позволяет выходить в прямой эфир. Ранее правительство Херсонской области сообщало, что в регионе уже работают десять российских радиостанций (источник — URL: **https://nsn.fm/society/russkoe-radio-nachalo-veschanie-v-hersone** (20.07.22)).

Хорошего приёма и 73!

Активные антенны Е-поля
Часть 7
Дифференциальные усилители

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В предыдущих разделах про АА Е-поля автор отказался применять полевые транзисторы со встроенным каналом и управляющим затвором (JFET) из-за большого уровня интермодуляционных искажений второго порядка по причине параболической ВАХ этих транзисторов. Но превосходные шумовые свойства JFET на низких частотах толкнули автора на поиск приемлемых схемных решений для АА на этих транзисторах. В этом разделе представлены конструкции АА на основе дифференциального усилителя (ДУ), в которых существенно компенсируется нелинейность параболической ВАХ.

Введение. ВАХ JFET

Выраженная параболическая ВАХ полевых транзисторов (ПТ) с управляющим p-n переходом (JFET) вызывает интермодуляцию второго порядка (IM_2), недопустимую для таких широкополосных систем, как универсальные АА. Но если два таких транзистора соединить встречно-последовательно, тогда их параболы будут работать встречно и должна образоваться некоторая область взаимной компенсации их параболических ВАХ. Самая известная схема такого рода — это ДУ с общими истоками (**рис. 1**).

В упрощённую эквивалентную модель JFET входит резистор $R_И$ в цепи истока, который определяет импеданс истока, и он с достаточной точностью зависит от крутизны транзистора $R_И = 1/S$. Указанные на рис. 1 резисторы $R_{И1}$ и $R_{И2}$ входят в состав транзисторов VT1 и VT2. В истоки поступает стабильный ток от источника с высоким внутренним сопротивлением, поэтому сигнальный ток в этом направлении практически не протекает, и сигнальный ток идёт от одного транзистора к другому без потерь.

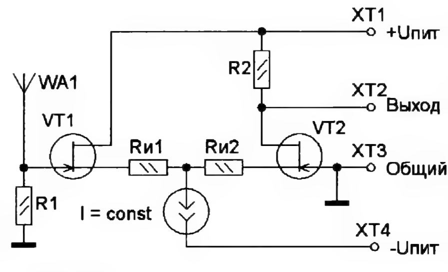


Рис. 1

Коэффициент передачи $K_{пер}$ по напряжению такого усилителя от антенны WA1 до выхода определяется импедансом в месте соединения транзисторов ($R_{И1}+R_{И2}$) и сопротивлением нагрузки (R2) в соответствии с выражением $K_{пер} = R2/(R_{И1}+R_{И2})$. У транзисторов типа JFET с параболической ВАХ с зависимостью $I = f(U^2)$ крутизна $S = dI/dU$ меняется примерно линейно при изменении напряжения на затворе. При выведении ДУ из равновесия у одного транзистора крутизна растёт и импеданс падает, у другого ровно наоборот. При балансе в ДУ ($R_{И1} = R_{И2}$) сумма $R_{И1}+R_{И2}$ оказывается локально минимальной. Для ДУ на транзисторах BF862 расчётные зависимости параметров с током покоя примерно 50 % от максимального (по 17 мА) при напряжении затвор—исток $U_{зи} = -0{,}25$ В показаны на **рис. 2**.

Красная и синяя кривые — это ВАХ двух транзисторов (ток стока — в миллиамперах). При этом каждый транзистор имеет S ≈ 19 мА/В крутизны, крутизна всего ДУ будет $S_{ду}$ ≈ 9,5 мА/В (жёлтая кривая на максимуме). От затвора входного транзистора к стоку выходного транзистора при нагрузке 500 Ом получается $K_{пер}$ ≈ 13 дБ (зелёная кривая). В результате получается уже знакомая нам "святая горка" по крутизне. При этом строго симметричная вершина обещает глубокое подавление IM_2 при равенстве параметров транзисторов.

В ДУ на JFET можно наладить квазилинейный режим работы протяжённостью 10...20 % от напряжения отсечки применённого транзистора. Оптимальный режим по допустимому размаху сигнала и усилению найдётся на участке ВАХ при 50 % от начального тока либо при 25 % от напряжения отсечки. Идеально бы применить JFET с длинной и крутой ВАХ, к примеру, это транзисторы серий BF246, 2П601, 2П609 или КП903, да и J310, КП303Е, КП307Г могут дать приличный результат.

Если в качестве инжектора тока применить токозадающий резистор, через него будет уходить часть сигнального тока. Например, если применить транзисторы BF862 и резистор сопротивлением 300 Ом, теряется 10 % сигнального тока (потери около 1 дБ). Можно при-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

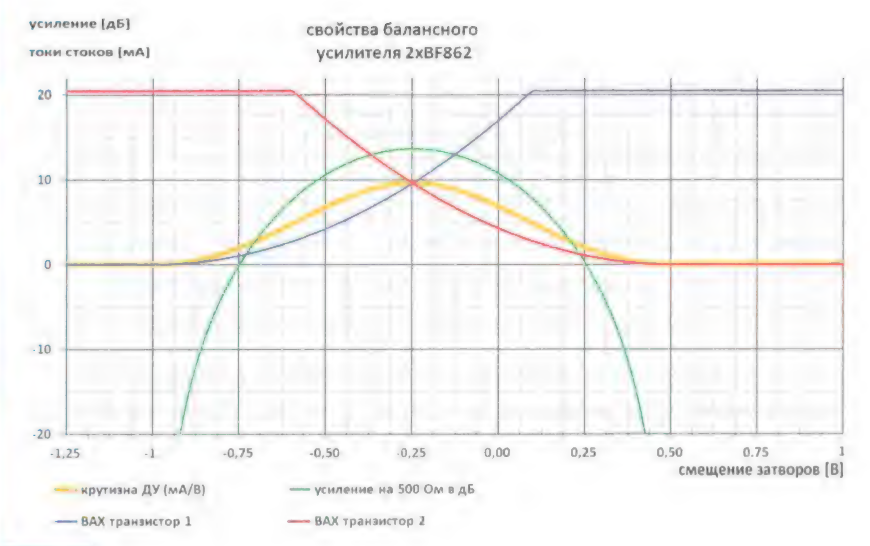


Рис. 2

менить источник тока на транзисторе, однако половина его шума появится на выходе ДУ. В этом плане "бесшумный" инжектор на катушках индуктивности работает намного лучше, и в спектре ожидаемых воздействий и сигналов ток индуктивности можно считать постоянным, вредные перепады по постоянному напряжению малы. Сопротивление инжектора импедансом несколько килоом вполне достаточно для устранения отрицательного влияния на усиление и линейность. Для этого пригодны стандартные дроссели.

ДУ с несимметричным входом имеет недостаток, заключающийся в том, что результирующая шумовая ЭДС двух транзисторов на 3 дБ больше одного, а сигнал подаётся с АЭ того же размера, как у других АА. Однако у современных JFET шумовая ЭДС не превышает 1 нВ/√Гц, что при реальной работе АА в земном радиоэфире не мешает приёму на ДВ и СВ, даже с коротким АЭ. На КВ выручают большой АЭ и входное трансформирующее звено. Все АА, описание которых приведено далее, шумят немного больше АА с ОИ и немного меньше АА с ИП. По линейности они также между ними, если использовать те же транзисторы.

AA-S13 "Тритон"

Виктор Угроватов из г. Санкт-Петербурга в 2016 г. дал мне своей простой схемой АА основной импульс на разработку линейки АА-2-х. Рассмотрим его творческий процесс.

В начале 2010 г. я долго мучился с популярными в то время АА с ИП на JFET (разные виды Miniwhip) и никак не мог добиться от них низкого уровня IM_2, когда радиоэфир гремел по вечерам. По сложившимся обстоятельствам все мои эксперименты сделаны на транзисторах типа JFET из-за их доступности в радиолюбительских кругах. Но только в АА на основе ДУ я смог избавиться от большой части ложных сигналов, и впервые у меня получился прозрачный приём. Предлагаю ознакомиться с ранней версией АА "Triton" (три транзистора), схема которой показана на **рис. 3**.

Рис. 3

Она оказалась доступным спасением после безуспешных экспериментов с общеизвестной антенной Miniwhip. Главная цель — с простой схемой и "историческими ретро-запасами" получить чистый приём на низкочастотных диапазонах. Мои условия радиоприёма — пригородный частный сектор, помехи "самодельные" бытовые, хозяйственные и от соседей, их оцениваю как помехи средней тяжести и без особенностей. Местность пригодна для хорошего КВ-приёма, и эфир по вечерам заполнен мощными сигналами.

При разработке были поставлены задачи:

— АА должна иметь некоторое усиление, правда, используемый транзистор КП303И был не очень подходящим;

— фантомное питание +9...12 В по кабелю;

— импеданс выходного каскада должен быть 75 Ом или 50 Ом;

— минимальный уровень шума;

— термостабильность в широком интервале температур;

— минимальные искажения, способствует баланс ДУ;

— лёгкая повторяемость и некритичность компонентов;

— надёжность и простота конструкции.

Основа этой АА — ДУ на двух транзисторах КП303И и одном биполярном транзисторе в выходном каскаде. Линейность этой АА обеспечивается за счёт хорошо сбалансированного ДУ, наличием ООС по постоянному и переменному току, а также отсутствием в цепи эмиттера конденсатора, что исключает выпрямительное смещение режима при большом сигнале. Всё это привело к минимуму компонентов, а как следствие, и надёжности конструкции. Это немаловажно, когда АА установлена на мачте малодоступная.

На затвор транзистора VT1 поступает напряжение около +2 В через делитель напряжения из диодов защиты VD1—VD4 и подобранного резистора R1 (при напряжении питания +9 В). Не совсем обычное решение работает, потому что диоды серии Д311 имеют хорошо предсказуемый обратный ток (около 2 мкА). По опыту более 90 % изделий соответствуют этому. В таком режиме дифференциальное сопротивление диодов превышает несколько мегаом. К тому же диоды выполняют защиту входа, а при приёме на НЧ-диапазонах шум диодов не заметен.

Питание АА осуществляется по кабелю снижения. В идеале надо добиться, чтобы выходное сопротивление АА было близко к волновому сопротивлению кабеля, поэтому сопротивление резистора R4 должно быть 51 Ом или 75 Ом. Это уменьшает усиление, поэтому приходится снижать сопротивление резисторов в эмиттерной цепи ООС, от чего необходимо существенно увеличить ток коллектора VT3, что не всем транзисторам по плечам. Здесь подходят транзисторы серий КТ606, КТ610 и транзисторы КТ913А, КТ920А, КТ925А, КТ939А. Проблемы с усилением и чувствительностью на КВ решились вторым вариантом этой антенны (**рис. 4**).

На месте транзисторов VT1 и VT2 подходят 2SK544 любым буквенным индексом, режим корректируется подборкой резистора R2, а VT3 может быть из серии BFG591.

Транзистор VT3 работает на нагрузку 200(300) Ом, что увеличит усиление АА в два раза. Автотрансформатор намотан на магнитопроводе К10×7×3 из феррита М2000НМ и содержит десять витков вдвое сложенного провода ПЭВ-2 0,1...0,15 с умеренной скруткой. При работе на короткий кабель снижения (до 10 м) проблем не возникает, если приёмник имеет в широком диапазоне

частот входной импеданс 50(75) Ом. Если входное сопротивление приёмника сотни ом, параллельно автотрансформатору надо установить резистор сопротивлением 270...470 Ом.

Для приёма до частоты 5 МГц в качестве АЭ может быть использован любой объёмный токопроводящий предмет, в моём случае это была тарелка диаметром 17 см из нержавеющей стали. Она заодно служит зонтом от дождей и держит корпус сухим (**рис. 5**).

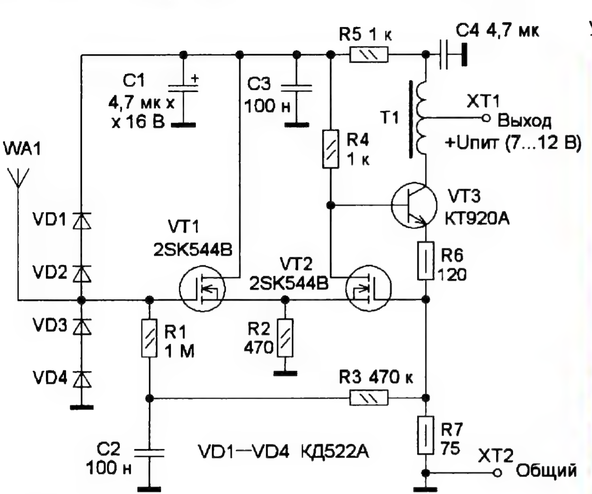



Рис. 4

АУ на транзисторах серии 2SK544 может быть налажен в полосе частот 0,01...50 МГц, но всё сильно зависит от монтажа, компонентов, особенно от исполнения трансформатора. Для работы до 50 МГц на месте VT3 лучше использовать транзистор КТ610А ($h_{21э} \approx 50$) с током коллектора 20...40 мА.

Были испробованы различные АЭ, отличающиеся по длине и толщине (**рис. 6**,а, **рис. 6**,б), которые в целом обеспечивали хороший приём. Но для приёма СДВ-ДВ-СВ и низкочастотных КВ-диапазонов оказался лучшим объёмный АЭ диаметром 17 см.

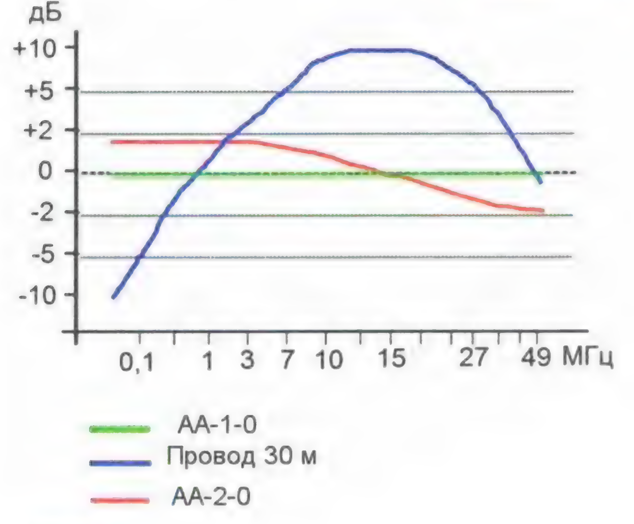


Рис. 8

Высота АА над поверхностью земли — 9 м, что соответствует задаче приёма вплоть до частоты 10 МГц. На участке частного домовладения в пригороде это было реализовать легко. И в последующем эта же конструкция с успехом работала в плотной городской застройке на уровне балкона четвёртого этажа. Однако пришлось загнуть антенну вверх для лучшего приёма вертикальной составляющей сигнала на ДВ и СВ (**рис. 7**).

Был сделан анализ уровней принимаемых сигналов разными антеннами, результат которого показан на **рис. 8**. Проволочная антенна — длиной 30 м (синяя), ранее показанная широкополосная АА-1-0 (зелёная кривая) и измерительная АА-2-0 (красная кривая до частоты 5 МГц, её описана ниже). Из графиков видны резонансные свойства проволочной антенны и практически ровная АЧХ АА. Большая проволочная антенна сильно уступает на СДВ и ДВ, подводит на СВ, и поэтому малошумящие АА на JFET особо интересны для низкочастотного приёма.

а) б)

Рис. 6



Рис. 5

Малошумящая измерительная АА-2-0

Для измерительных целей в диапазоне 0,01...5 МГц с низким уровнем НЧ-шума была разработана АА-2-0, схема которой показана на **рис. 9**.

Применение низковольтных ПТ с высокой крутизной позволяет создать эффективную ООС по сигналу и существенно удлинить квазилинейную передаточную характеристику. Это важно для борьбы с импульсными помехами при записи сигнального потока и его цифрового анализа. Заметное улучшение в работе ДУ дал пассивный источник тока на дросселях L1—L3. Он создаёт в диапазоне ожидаемых сигналов и помех 0,01...100 МГц импеданс более 1 кОм (в диапазоне частот 0,1...5 МГц — не менее 3 кОм) без присущего активным компонентам шума. Высокая степень защиты определяется за счёт большого сопротивления резистора R5.

Транзистор BF862 имеет низкий уровень шума, и чтобы вся АА смогла это реализовать, следует применить резисторы серии MELF207 (Vishay) с очень малыми шумами. Без ООС через тран-



Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

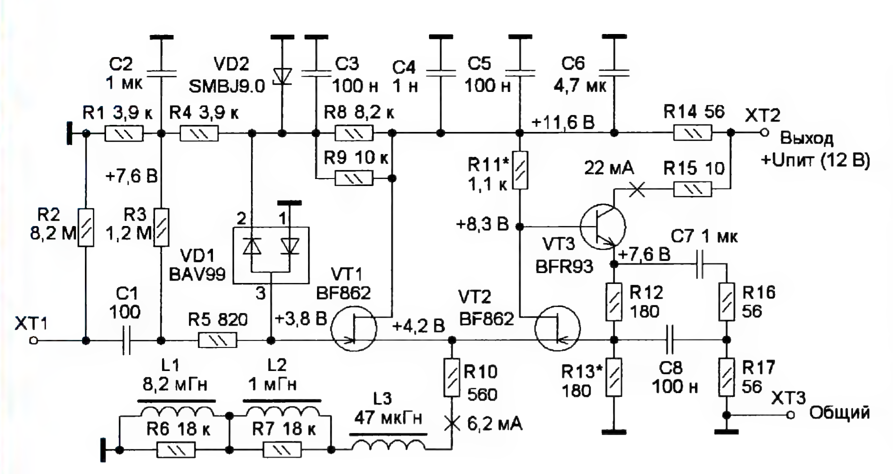


Рис. 9

зистор VT3 сам ДУ имеет усиление не менее 23 дБ (на резисторе R11, если взамен резистора R17 установить перемычку). За счёт ООС общее усиление снижается до 6 дБ, что уменьшает $IM_2(IM_3)$ примерно на 30(45) дБ для антенного сигнала напряжением 2×100 мВ.

При налаживании сначала устанавливают все элементы, которые определяют режимы по постоянному току, и добиваются контрольных напряжений. Подборкой резисторов R11 и R13 (при изменении питания и R9) добиваются одинаковых напряжений на затворах ПТ с разницей менее 20 мВ. Токи стока транзисторов VT1 и VT2 должны быть одинаковые — по 2,9 мА. Крутизна транзисторов при этом — 25 мА/В. Эти транзисторы предварительно подбирают по одинаковым сопротивлениям канала при $U_{зи}$ = 0. Дополнительно проверить пару желательно по напряжению отсечки при токе стока 100 мкА.

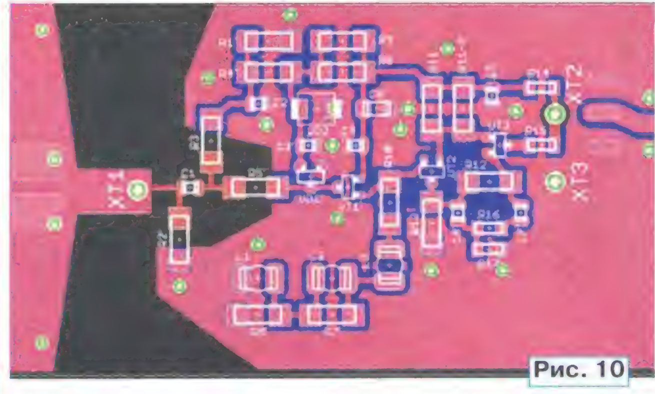


Рис. 10

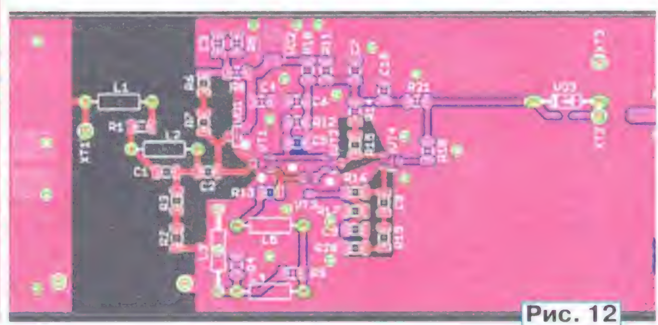


Рис. 12

Подобранные рабочие режимы и глубокая ООС допускают присутствие мощных сигналов и большого уровня широкополосных помех. На нагрузке (приёмник с входным сопротивлением 50 Ом) эта АА выдаёт до 900 мВ (размах) при входном сигнале от АЭ 2000 мВ ($K_{пер}$ = 0,45). Резкое ограничение наступает при сигнале размахом 2200 мВ. Комбинированный сигнал до 2×1000 мВ на частотах ниже 2 МГц вызывают IM_2 и IM_3 не более −60 дБ. Сигнал 3,9/4,1 МГц 2×800 мВ от АЭ вызывает IM_3 = −40 дБ и IM_2 = −30 дБ, здесь проявляется ограниченное быстродействие ООС. Тем не менее, ложного приёма на СДВ-ДВ-СВ с такой АА не будет, так как АЭ имеет длину 20...30 см.

При отсутствии местных радиостанций эта АА справится с метровым АЭ. Входная ёмкость АУ (на затворе VT1) составляет 5,5 пФ и образует с резистором R5 ФНЧ с частотой среза 35 МГц. Диапазон частот усилителя по уровню −3 дБ и нагрузке 50 Ом — 0,015...22 МГц.

Печатная плата показана на **рис. 10**, использованы малогабаритные SMD-дроссели.

В этой АА можно применить отечественные элементы с тем же результатом. Диодная сборка — КД707АС9, полевые транзисторы — КП341А, биполярный — КТ368А, стабилитрон — Д814Б, но печатная плата должна быть другой. Резисторы — МЛТ, ОМЛТ, конденсаторы — К10-17б, дроссель L1 может быть индуктивностью 33 мГн. С этой компоновкой ЭДС входного шума останется ниже 3(1) нВ/ Гц на частоте 10(100) кГц. К сожалению, резисторы MELF в отечественном исполнении не доступны, что мешает разработке чувствительной измерительной аппаратуры.

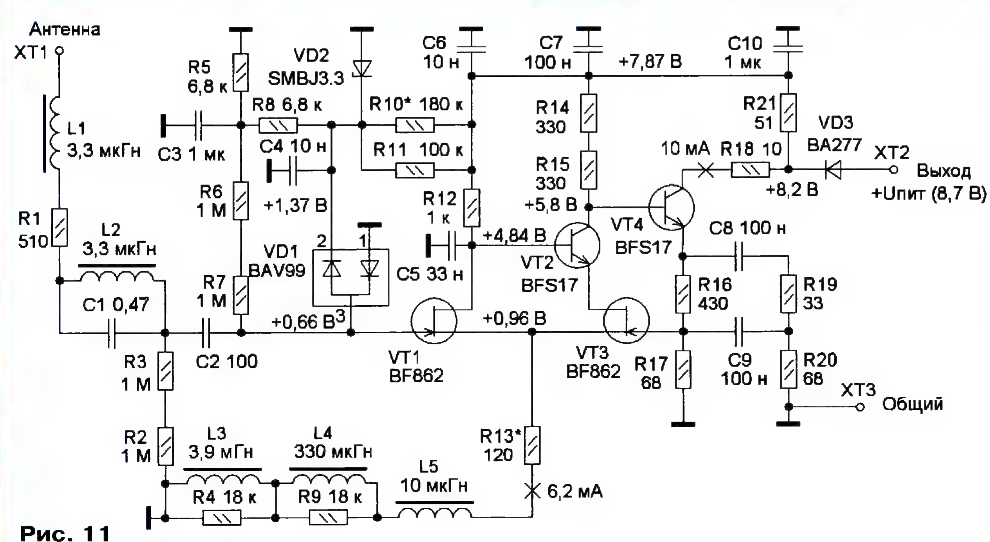


Рис. 11

АА-2-1 с быстродействующей ООС

Высокое качество АА-2-0 породило идею её модифицировать для стационарного радиоприёма с питанием напряжением 8,2...9,8 В и верхней граничной частотой 30 МГц. В результате получилась схема, показанная на **рис. 11**.

Существенное улучшение достигнуто тем, что транзистор VT2 обеспечива-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ет низкоомную нагрузку для транзистора VT3, у которого большие собственные ёмкости ограничивали быстродействие ООС. Это привело к резкому повышению граничной частоты на базе транзистора VT4 до 120 МГц. Соответственно ООС через резисторы R16, R17, R19, R20 будет работать в диапазоне частот до 30 МГц и поддерживается повышенная линейность. Умеренно высокочастотный транзистор BFS17 (КТ368А9) был выбран для предотвращения самовозбуждения на КВ, которое наблюдается в случае применения СВЧ-транзистора, например BFT92.

Входной ФНЧ рассчитан на небольшой подъём АЧХ на верхней границе рабочего диапазона, а также для подавления сигналов УКВ ЧМ-диапазона. Контур L2C1 должен иметь резонанс на частоте 97 МГц. При изменении этого ФНЧ надо учесть, что суммарная индуктивность дросселей L1 и L2 взаимодействует с входной ёмкостью усилителя, образуя трансформирующий ФНЧ. Обязательно нужно проверить АЧХ этого узла, бывает, что параллельно дросселю L1 требуется подключение резистора сопротивлением 3,3...10 кОм.

Цепь подачи тока в истоки транзисторов VT1 и VT3 рассчитана на полноценный приём на частотах более 20 кГц. Элементы C2, R6 и R7 обеспечивают подавление атмосферных помех на частоте менее 50 кГц. Применены импортные дроссели серий CECL (L3) и EC-24 (L4, L5). Включённые параллельно им резисторы обеспечивают равномерный по всем частотам импеданс.

Выходной каскад создаёт слабую ООС по постоянному току и сильную по переменному току. Теоретически можно взамен резистора R19 установить проволочную перемычку, но это вызывает нестабильность в ООС и самовозбуждение. В итоге — $K_{пер}$ = 2 на нагрузке 50 Ом. На выходе установлен защитный диод по питанию, который при стационарном варианте не нужен. При токе 16 мА этот диод не образует дополнительных искажений. Для работы с кабелем 75 Ом можно вместо диода установить резистор сопротивлением 24 Ом. Можно применить диодную сборку КД707АС9, диод КД409 и транзисторы КП341А, КТ368, КТ316Д на изменённой плате.

Так как разброс параметров ПТ бывает существенным, надо сначала наладить АА по постоянному току. Транзисторы BF862 (КП341) подбирают в пару по сопротивлению канала с разницей не более 0,5 Ом, это уверенно найдётся среди одной партии из шести изделий. Резистор R13 подбирают так, чтобы активное сопротивление всей цепи инжектора было около 160 Ом. Контрольный параметр — ток стока каждого ПТ по 3...3,2 мА. Всё налаживание состоит в том, чтобы при номинальном напряжении питания добиться практически нулевой разницы потенциалов на затворах в ДУ. Для этого резистор R10 подбирают до разницы менее 10 мВ.

На **рис. 12** показана плата этой АА. Топология обеспечивает минимальные конструктивные ёмкости в петле ООС.

Дроссель L3 (3,9...10 мГн) должен быть из серии CECL и собственным резонансом на частоте 500...800 кГц. Дроссель L4 — серии EC-24 (220...330 мкГн) с частотой собственного резонанса 4...5 МГц, а дроссель L5 (4,7...10 мкГн) должен иметь свой резонанс в области верхней рабочей границы 28 МГц.

Входная ёмкость АУ — 5,5 пФ, она была измерена с помощью резонансного и импульсного методов. Эта АА по причине низкого напряжения питания ещё при входном сигнале размахом 1200 мВ заходит в жёсткое ограничение. При размахе на входе 2×300 мВ (3,9/4,1 МГц) все искажения остаются ниже –56 дБ. При размахе 2×100 мВ все искажения ниже –80 дБ, что для радиовещательного приёма предостаточно.

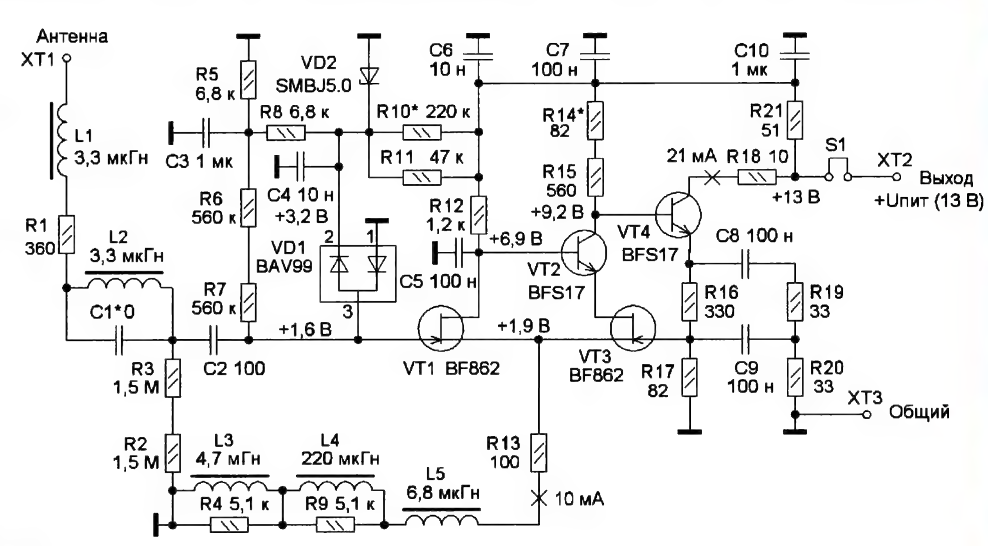


Рис. 13

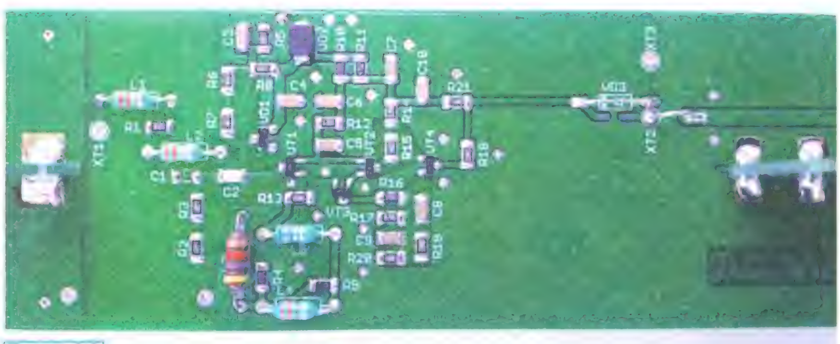


Рис. 14

Получены $K_{пер}$ = 0,5 на нагрузке 50 Ом в диапазоне 0,015...30 МГц (–3 дБ) и полоса пропускания усилителя (без дросселей L1 и L2) по уровню –6 дБ в пределах 0,01...120 МГц. Без входных дросселей возможен приём радиовещательных станций УКВ-диапазона.

При установке АА в свободном пространстве с АЭ длиной 50...70 см даже на 27 МГц принимается весь региональный радиоэфир. Сам АУ на частоте 4 МГц при КЗ на входе шумит на 1 дБ больше, чем SDR Perseus.

АА-2-1 с питанием от бортсети автомобиля

Схема варианта АА-2-1 с питанием от бортсети автомобиля показана на **рис. 13**, она имеет улучшенную линейность.

Её можно собрать на той же плате, что и описанная выше. Вместо защитного диода на выходе была установлена перемычка S1. В бортовой сети автомобиля бывают кратковременные импульсы амплитудой до 50 В, и они могут вывести из строя, в первую очередь, транзистор VT4. Поэтому в инжекторе питания нужно предусмотреть эффективную защиту с хорошим быстродействием на варисторах и супрессорах. Уровень защиты по входу — средний, газоразрядник следует установить при использовании длинных АЭ, он внесёт дополнительную ёмкость 0,5 пФ.

Смонтированная плата этой АА показана на **рис. 14**. Налаживание сводится к подборке резисторов R10 и R11 для получения одинаковых напряжений на

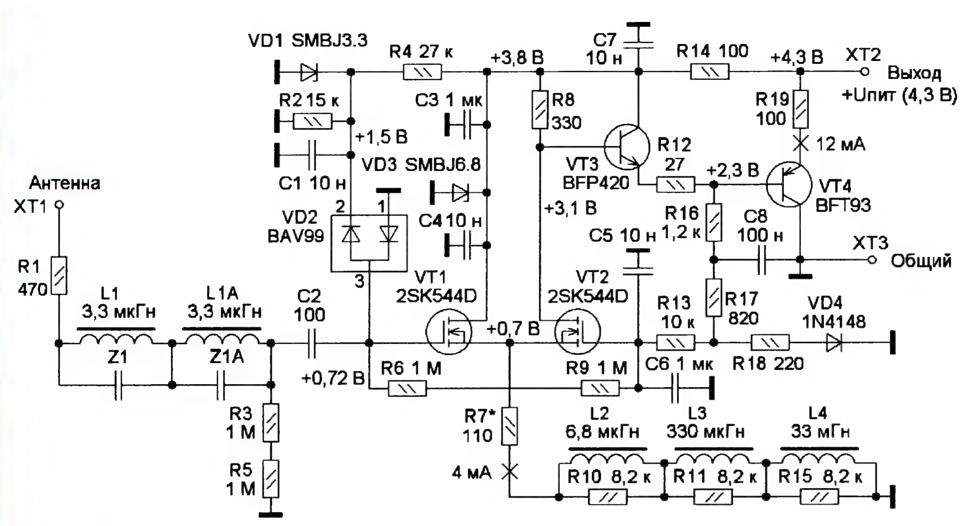


Рис. 15

затворах транзисторов при номинальном напряжении питания.

Получился $K_{пер}$ = 0,9 на нагрузке 50 Ом и при входном сигнале 2×600 мВ (3,9/4,1 МГц) достигнут уровень IM_3 = = –40 дБ, а при 2×700 мВ наступает жёсткое ограничение, ООС устойчиво работает и на КВ. При чуть меньшем сигнале 2×250 мВ от АЭ IM_2 = –76 дБ и IM_2 = –70 дБ, а при 2×50 мВ вся интермодуляция станет ниже –100 дБ. Эта АА не рассчитана на большую высоту установки, крыша автомобиля — это то, что надо, а сам автомобиль работает как противовес.

Малый уровень шума позволяет этой АА работать с коротким АЭ и хорошо принимать сигналы на СДВ-ДВ-СВ — это, видимо, главное преимущество. На средних КВ эта антенна добавит 3 дБ к шуму SDR Perseus, но с учётом $K_{пер}$ = 0,9 это не много. И на низких частотах шум будет такой же малый. При длине АЭ 80...100 см будет хороший приём в диапазоне 0,05...30 МГц. Нет смысла расширять приём выше 30 МГц, поскольку ООС деградирует.

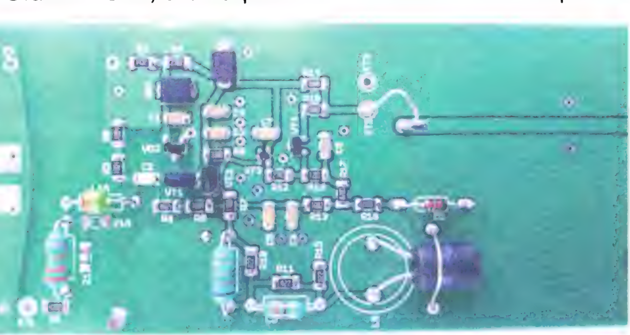


Рис. 16

В отличие от многих других, в этой АА усиление очень мало зависит от температуры благодаря глубокой ООС по сигналу, что предпочтительно для измерительного мониторинга, как и ровная по всем частотам собственная шумовая дорожка.

АА-2-2 для SDR формата USB-stick

Самые бюджетные SDR найдём в формате USB-stick, которые изначально были разработаны для вещательного радио- и ТВ-приёма, позже расширены для приёма ДВ-СВ-КВ, иногда до сотен мегагерц или даже до 1...2 ГГц. У многих таких SDR имеется встроенный инжектор питания, который при активации обеспечит напряжение +4,5 В на антенном входе для питания АА. В этих SDR входной сигнал поступает не напрямую на АЦП, а сначала сигнал проходит классический аналоговый тракт и только на второй или третьей ПЧ производится преобразование в цифровой формат. Чаще всего имеем дело с восьмиразрядным АЦП, редко с десятиразрядным. От таких SDR не стоит ожидать ДД более 80 дБ для SSB-приёма на КВ.

АА-2-2, схема которой показана на **рис. 15**, подходит для такой категории SDR, она потребляет ток 15 мА и обеспечивает приём в диапазоне 0,01...32 МГц, но возможны её существенные модификации.

ДУ собран на транзисторах 2SK544D, которые остались у меня после доработки приёмников PL-600, PL-660, S-2000. Их уникальность состоит в том, что, возможно, фирма Tecsun массово закупила "некондиционные" транзисторы 2SK544D, у которых ВАХ смещена правее, чем это указано в документации для этих транзисторов. Транзисторы 2SK544E и 2SK544F можно применить только в версии с питанием +7,2 В, а "правильные" 2SK544D подходят для питания напряжением более +4,8 В.

Транзисторы в ДУ работают строго в параболической части ВАХ с током по 2 мА, и это является базовым параметром при замене на любые транзисторы серии 2SK544. Также напряжение +0,7...+0,75 В на затворах остаётся неизменным для всех версий. Ток ДУ устанавливают резистором R7. Так как токи в ДУ мало зависят от напряжения питания, напряжение на резисторе R8 также мало меняется с питанием и напряжение на R19 тоже мало меняется. Поэтому антенна оказалась хорошо стабилизированной при малом номинале R18. Транзистор BFP420 (VT3) был выбран из-за его малых ёмкостей и хорошей работе при малом напряжении UКБ. Выходной усилитель на транзисторах VT3 и VT4 работает с взаимной компенсацией искажений, если ток коллектора транзистора VT3 — около 1 мА, а транзистора VT4 — около 10 мА. Для работы на кабель с волновым сопротивлением 75 Ом надо установить R14 = R19 = = 150 Ом, но тогда питание должно быть ближе к +5 В.

АА можно доработать для питания напряжением +7,2 В (2×Li-Ion). Для этого меняют R4 = 47 кОм, VD3 — SMBJ9,0 и подбирают R17 для получения тока коллектора транзистора VT3 1 мА, затем резистором R7 устанавливают ток ДУ.

На входе оставлена возможность собирать сложный входной фильтр, к примеру, как на **рис. 16**. Это значимо тем, что бюджетные SDR легко перегрузить сигналами УКВ-диапазона. АЧХ этого варианта АА показана на **рис. 17**. Подъём на частотах 20...30 МГц важен, и подавление в УКВ-диапазоне достигнуто. Дроссели

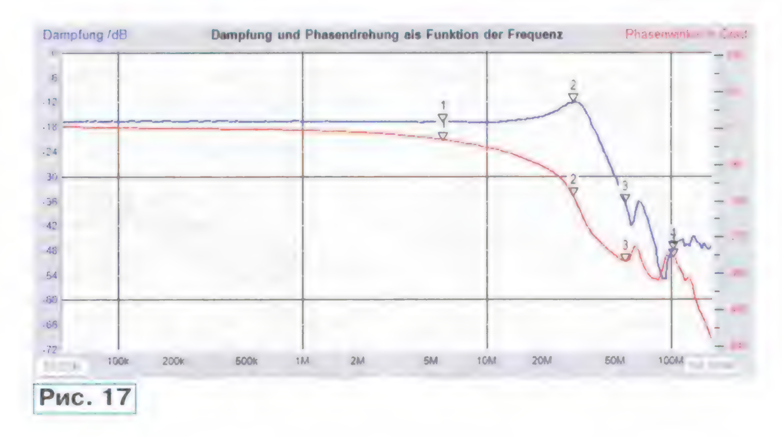


Рис. 17

малых габаритов могут изначально иметь резонанс в области 100 МГц. Можно установить два дросселя серии CECL по 3,3 мкГн и параллельными к ним конденсаторами (Z1 = 0,5 пФ, Z1A = 0,33 пФ) наладить более глубокое подавление на частоте 85...110 МГц.

Если применить дроссель L1 = 12 мкГн серии ДМ/ДПМ и R1 = 680 Ом, приём будет ограничен частотой 22 МГц с отличным подавлением в области частот 80...150 МГц. Если устанавливать дроссели L1 и L1A разного номинала, на месте Z1 и Z1A следует установить хотя бы один резистор сопротивлением несколько килоом во избежание взаимных последовательных резонансов.

Фрагмент печатной платы этой АА показан на **рис. 18**. Сначала надо подобрать пару транзисторов 2SK544D, измеряя сопротивление канала. Если есть проводимость при нулевом смещении, надо измерить сопротивление с замыканием затвора на исток. Без такой проводимости замыкают затвор со стоком, чем затвор получает небольшое плюсовое смещение при измерении. Монтируют все элементы, за исключением резистора R7. Взамен него временно устанавливают подстроечный резистор сопротивлением 220 Ом, и с его помощью устанавливают суммарный ток ДУ — 4 мА. Затем взамен подстроечного резистора устанавливают постоянный с сопротивлением, равным введённому сопротивлению подстроечного резистора.

При размахе входного сигнала 2×350 мВ образуется $IM_2 = IM_3 = -40$ дБ, и при очень тщательном подборе транзисторов IM_2 может быть менее −60 дБ. При входном сигнале 2×30 мВ вся интермодуляция остаётся на уровне ниже −80 дБ. Таким образом, эта АА достаточно линейна для бюджетных SDR в формате USB-stick. АА-2-2 не предназначена для установки на большую высоту, а АЭ должен быть до 70 см.

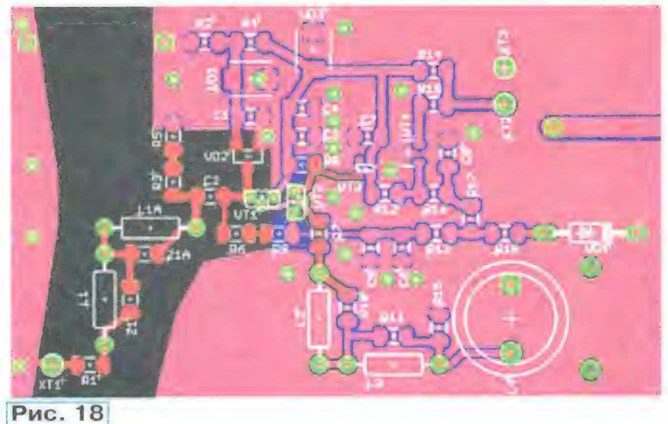


Рис. 18

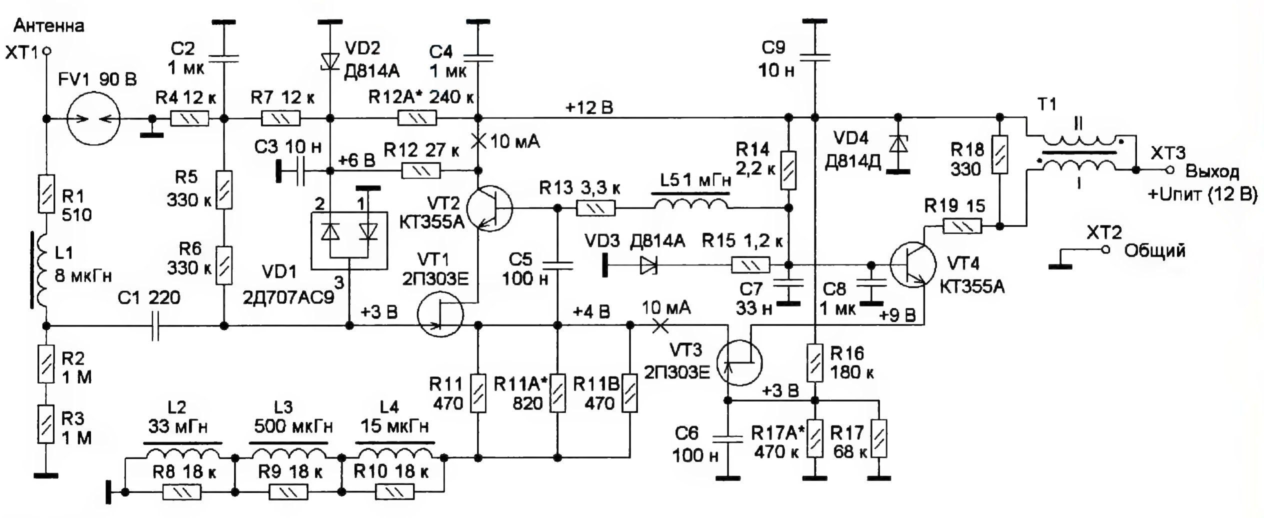


Рис. 19

Входная ёмкость АУ — 3,9 пФ, а его АЧХ — практически ровная до частоты 165 МГц. Поэтому входным фильтром можно оптимизировать дополнительный приём на УКВ и даже на 144 МГц. При сопротивлении нагрузки 50 Ом $K_{пер}$ = 0,4 в версии с питанием +7,2 В можно наладить до $K_{пер}$ = 0,6 подборкой резистора R8 = 510 Ом.

При налаживании всей приёмной системы нужно правильно стыковать сигнальную динамику от АА с ограниченным ДД приёмника, 80 дБ — это не особо много. Это делают выбором высоты установки АА и длиной АЭ. К сожалению, у бюджетных SDR нет настраиваемого "железного" аттенюатора на входе тракта, физически меняется усиление УВЧ (УПЧ) на чипе аналогового тракта, но ДД при этом не улучшается.

АА-2-3 с ДУ на JFET без ООС

ДУ без ООС целесообразно использовать в случае, если сам ДУ не может обеспечить избыток по усилению. Когда у транзисторов имеется длинная ВАХ (большое напряжение отсечки), квазилинейный участок будет протяжённым, ООС особо не нужна.

На **рис. 19** показана схема "маломощной" АА для приёма в диапазоне 0,01...27 МГц.

Применены транзисторы с крутизной 6...8 мА/В и большим напряжением отсечки (не менее 4 В). Эта АА обеспечит IM_2 = −40 дБ при входном сигнале 2×300 мВ. Вместо транзистора КТ355А можно применить транзисторы серии КТ325 или КТ368 ($h_{21э} \approx 80$), вместо 2П303Е подходят подобранные КП307Г (2N38919, 2N4416, BF245C). Ввиду ограниченной крутизны транзисторов достигается $K_{пер}$ = = 0,3...0,7, и эту АА рекомендуется использовать с кабелем снижения на 75 Ом (R18 = 330 Ом). Тщательным налаживанием баланса с помощью резистора R17A можно получить IM_2 на порядок лучше IM_3, и это является особенностью ДУ со строго симметричной "горкой" по крутизне.

АА-2-3 для выезда в экспедицию

При экспедиции на природу на больших машинах или катерах можно получить чудесно чистый и тихий радиоэфир. При совмещении мобильности и радиоприёма нужна АА, которая справится с мощными сигналами на КВ, не пропустит слабые сигналы, не требует преобразователя по питанию и имеет круговую ДН. Для таких случаев и разработана эта АА. Противовесом служит транспортное средство в целом. Полноценный приём возможен в диапазоне частот 0,01...15 МГц.

Для этого проекта подходят мощные JFET, например, серий КП601, КП609, КП903, P8002, CP643. Превосходные шумовые свойства, длинная ВАХ, большая крутизна при относительно малых ёмкостях — всё это подходит для АА с большим ДД, схема которой показана на **рис. 20**. Ограничение диапазона частот до 15 МГц по причине сущест-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

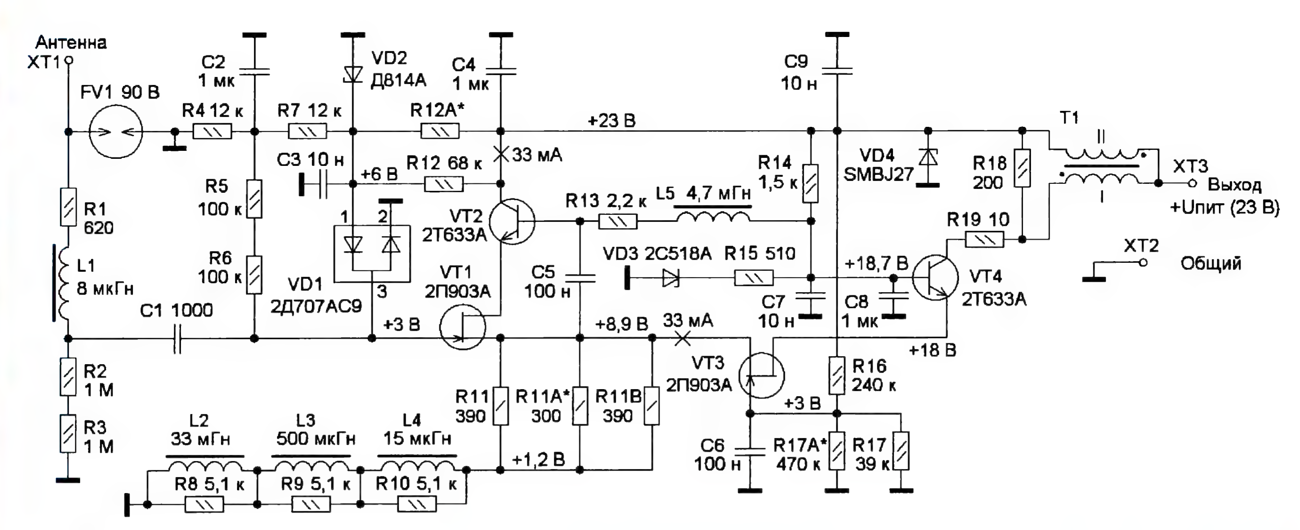


Рис. 20

венных ёмкостей "больших" транзисторов позволит работать с АЭ длиной 150...200 см (гибкие антенны Куликова в качестве АЭ) и большим объёмным противовесом. Разрядник FV1 ограничит мощные наводки до безопасного уровня для защитного узла на элементах R1, VD1, VD2, C3. Дроссель L1 обеспечивает большое подавление в УКВ-диапазоне и улучшение приёма на частоте 10...15 МГц. Напряжение +3 В на затворе транзистора VT1 обеспечит большое напряжение на истоках (+8,9...9 В). Высокое обратное смещение на защитных диодах в сборке VD1 способствует их малому влиянию на сигнал в штатном режиме.

Термостабильный режим транзистора серии КП903 найдётся при токе стока 28...38 мА. При выбранном токе 33 мА режим очень мало менялся в широком температурном интервале, и АА-2-3 можно наладить на широкий интервал температур. Однако крутизна (около 65 мА/В у КП903А при токе 35 мА) будет меняться, а с ней и усиление, максимальный температурный дрейф составляет ±10 %. На базу транзистора VT2 с истоков ПТ поступает напряжение сигнала, поэтому на стоке транзистора VT1 сигнал повторяется на 50 % своего начального размаха, в результате входная ёмкость каскада на транзисторе VT1 снизится с 18 пФ до 12 пФ, а результирующая входная ёмкость АУ уменьшится с 22 пФ до 16 пФ. Цепь смещения R13L5 обеспечит работу узла коррекции для частот более 10 кГц.

Транзисторы серии КП903 имеют нелинейный выходной импеданс, а выходная ёмкость большая и нелинейно меняется от напряжения. Крайне низкий эмиттерный импеданс транзистора VT4 устранит влияние нелинейного выходного сопротивления транзистора VT3. При нагрузке АА на 50 Ом транзистор VT4 работает с высокой линейностью на нагрузку сопротивлением 100 Ом. Резистор R18 осуществляет принудительное согласование кабеля со стороны АУ и подавляет резонансы трансформатора T1.

Выходной трансформатор T1 работает с компенсацией постоянных токов и поддерживает высокую сигнальную динамику. Кольцевой магнитопровод диаметром 12...16 мм из феррита М2000НМ обеспечит требуемые параметры при индуктивности обмоток по 300 мкГн. Стабилитрон VD4 защищает от бросков питающего напряжения. В инжекторе питания рекомендуется установить быстродействующий предохранитель на ток 200 мА.

Основной недостаток этой АА — изменение усиления при изменении температуры, что критично для измерительного мониторинга. Компенсация этого эффекта потребовала бы существенной коррекции тока покоя, причём с ростом температуры ток надо увеличивать. Такую компенсацию можно организовать с помощью терморезистора (NTC) на месте резистора R12A. Однако терморезисторы NTC заметно шумят, и поэтому подходят только большие номиналы, чтобы конденсатор C2 смог обеспечить фильтрацию.

Фрагмент чертежа печатной платы этой АА для транзисторов 2П903А и 2Т633А показан на **рис. 21**, а смонтированная плата показана на **рис. 22**.

Пара транзисторов 2П903А с близкими параметрами была подобрана из партии 6 штук одного выпуска. Сопротивление канала при нулевом смещении — 5,8 Ом и 5,9 Ом, начальный ток стока — 490 мА и 480 мА, напряжение на затворе при токе стока 4 мА — −6,7 В и −6,5 В. При монтаже транзисторов следует избегать короткого замыкания их корпусов с проводниками на печатной плате. В партии из 22 штук разных лет выпуска наблюдалась хорошая корреляция сопротивления канала при нулевом смещении со всеми остальными

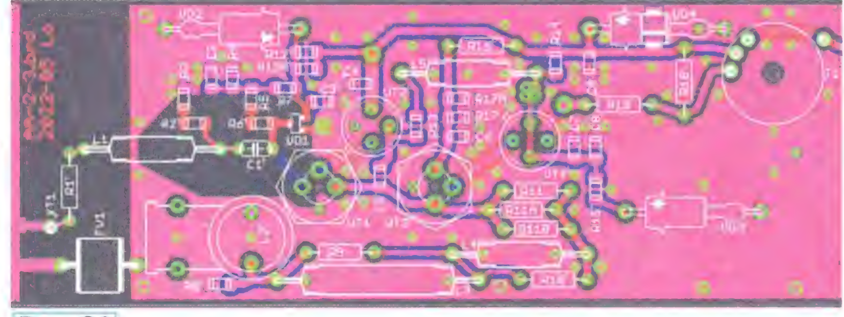


Рис. 21



Рис. 22

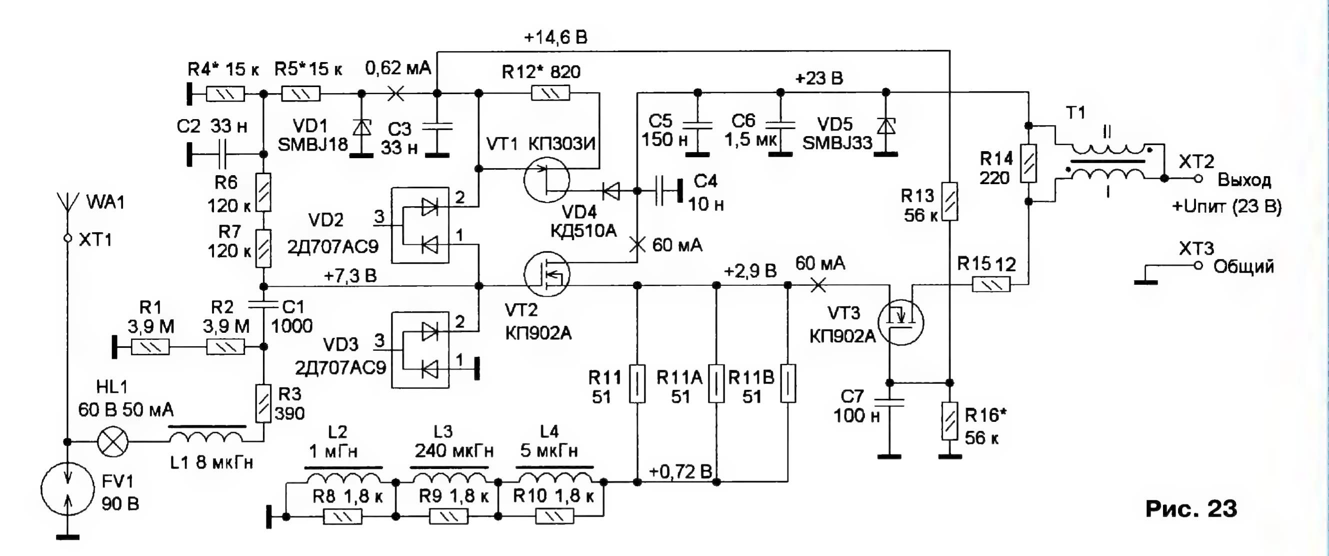


Рис. 23

параметрами. Поэтому стоит начинать поиск пары именно с этого параметра.

При установке стабилитронов нужно соблюдать их фактическую полярность, на плате отмечен корпус под стабилитрон серии Д814. На месте стабилитрона VD4 есть место для монтажа как выводного, так и бескорпусного элемента. Стабилитрон VD2 надо проверить на малый обратный ток при напряжении, меньшем напряжения стабилизации.

Монтаж начинают с установки элементов смещения для транзисторов VT2 и VT4 и проверяют его работу. Затем монтируют элементы входного узла и устанавливают напряжение на затворе VT1 подборкой резистора R12A. Монтируют все оставшиеся компоненты, но вместо резистора R17A временно устанавливают подстроечный резистор сопротивлением не менее 680 кОм. Налаживание проводят по критерию минимальных искажений при максимуме усиления. В идеале токи стока транзисторов VT1 и VT3 должны быть одинаковыми. Транзистор 2Т633А при токе коллектора 35 мА имеет примерно на 20 % больше коэффициент передачи тока базы, чем при 0,5...1 мА при измерении $h_{21э}$ в мультиметрах.

На месте транзисторов VT2 и VT4 подходит транзистор КТ3142А или КТ9141А с $h_{21э}$>50, измерения надо проводить при токе 30 мА.

Самовозбуждение на частоте 150...600 МГц может возникнуть в выходном каскаде при неудачном исполнении трансформатора и при чрезмерно высоком усилении на СВЧ транзистора КТ9141А. При возникновении этой ситуации для трансформатора надо применить магнитопровод большего размера для разноса витков по его периметру и большим затуханием на СВЧ и установить в цепь эмиттера транзистора VT4 резистор сопротивлением 22...47 Ом типоразмера 1206.

Сам усилитель при работе в 50-омном тракте обеспечивает усиление до частоты 70 МГц (на месте трансформатора резистивная нагрузка — 50 Ом). В реальной АА много зависит от трансформатора и входного Г-звена. С трансформатором на магнитопроводе К16×8×6 из феррита М2000НМ и обмотке 2×13 витков проводом 0,2 мм (2×285 мкГн) диапазон усилителя — 0,04...40 МГц (по уровню −3 дБ). Скрутка проводов — умеренная.

Номиналы элементов R1 и L1 рассчитаны для работы до частоты 15 МГц с ровной АЧХ при АЭ длиной 200 см, небольшой спад на 10 дБ до частоты 30 МГц позволит реализовать местный приём. Однако элементы R1 и L1 можно подобрать для реализации других вариантов АЧХ АА. В сочетании с большой индуктивностью дросселя L1 входной ФНЧ обеспечит подавление УКВ-радиовещания не менее 40 дБ. Дроссели серии ДМ/ДПМ даже на частоте 144 МГц обеспечивают глубокое подавление.

При двухтональном входном сигнале 2×1100 мВ получены IM_2 = −60 дБ, IM_3 = −40 дБ. Для жёсткого ограничения нужен входной сигнал размахом 3 В. Такая ситуация не приводит усилитель к "зависанию" в насыщении, и он быстро выходит из перегрузки. Тем самым эта АА тоже обеспечит хороший КВ-приём в грозовой метеообстановке. Усиление от АЭ до нагрузки 50 Ом без учёта затухания в фидере составляет не менее 1,5, и это сочетается с очень длинным кабелем до приёмника для развёртывания комплексного экспедиционного радиоузла. Очень важно с входным "железным" аттенюатором (3...20 дБ) на входе радиоприёмника сопрягать сигнальную динамику с ДД приёмника.

Уровень шума этой АА — равномерный и низкий вплоть до СДВ, благодаря качеству 2П903А. Это — сильная сторона всех АА на JFET, поэтому в местах с крайне малыми помехами и с АЭ длиной 200 см получается отличный DX-приём на НЧ-диапазонах без применения громоздких проволочных антенн.

Экспериментальная АА-2-4 с большим ДД на MOSFET

Для последующих экспериментов в поиске самой лучшей АА предлагается экспериментальная АА-2-4. Наверное, она уже близка к пределу, к которому можно добраться руками радиолюбителя. А самое интересное — это можно было делать ещё 40 лет назад.


Рис. 24

Если в ДУ применить ВЧ-MOSFET с режимом на горке или близко к ней, можно получить крайне широкий квазилинейный участок передаточной характеристики. В этой АА (**рис. 23**) применены мощные СВЧ-MOSFET КП902А (2П902А) при больших токах с большим напряжением питания.

Вид смонтированной платы показан на **рис. 24**. В надежде на то, что желаемые параметры удастся получить при токе стока транзисторов 30...40 мА в параболической части ВАХ, их установка на плату была задумана "сверху" без теплоотвода. Однако характеристики АА при этом мало отличались от АА-2-3. В итоге транзисторы установлены "зеркально" на теплоотводе, припаяны к плате отрезками лужёного провода и работают "на полных парах" в три раза лучше по линейности. Самовозбуждения не наблюдалось.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Линейности у этой АА в избытке, можно даже не добиваться термостабильности параметров АУ. Транзистор VT1 работает в режиме источника тока в термостабильной точке, и напряжение смещения на затворах транзисторов VT2 и VT3 не изменяется ни от температуры, ни при изменении напряжения питания в интервале +20...+28 В. Даже при напряжении питания +11...+13,8 В эта АА показывает чистый приём. Ещё при питании +5 В возможен экстренный приём с удовлетворительным качеством, лучшим, чем у многих простых АА. Диод VD4 защитит транзистор VT1 от мощного входного воздействия при отсутствии питания. Условие хорошей работы АА — идентичность параметров транзисторов VT2, VT3 и их баланс при правильном токе покоя.

Подбор пары транзисторов

Подбор пары транзисторов КП902А (КП905А) важен для наилучшей линейности. ВАХ должна совпадать по напряжению отсечки и по напряжению смещения для максимума по крутизне. Желательным должно быть совпадение по крутизне. Все эти параметры нужно измерять при $U_{СИ}$ = 18 В в схеме ОИ. Удобно использовать стенд, схема которого показана на **рис. 25**. Это позволит быстро протестировать партию транзисторов.

Осциллограф работает в режиме XY. Горизонтальное отклонение создаётся быстро меняющимся напряжением смещения затвора в пределах хотя бы 0...+5 В, лучше бы в пределах –2...+8 В, это не критично. Удобно подавать пилообразный сигнал частотой не более 1 кГц, но можно использовать и синусоидальный сигнал. Низкоомный резистор в цепи истока (не более 1 Ом) при токе до 100 мА почти не искажает действующее смещение к затвору (менее 2 %), и напряжение на нём соответствует току стока. Щуп осциллографа устанавливают 1:1, и тогда его большая ёмкость 100...200 пФ убирает помехи для отображения Y-напряжения в интервале 0...100 мВ по всему экрану. На экране получаем передаточную характеристику $I_с = f(U_{зи})$. Выбирают на шкале Y (ток) три уровня для удобного считывания, один — при малом токе в параболической части ВАХ, один — в средней квазилинейной части и один — в согнутой верхней части ВАХ. Все транзисторы оценивают по этим трём уровням. Записывают для каждого транзистора соответствующее этим токам напряжение по шкале X (точность отчёта 0,1 В пойдёт) и записывают два значения разницы напряжения между этими тремя точками. По их совпадению потом оценивают подходящие для пары. Можно получать две ВАХ относительно одинакового вида, но с разницей по смещению — это тоже полноценная пара, резисторами R13 и R16 можно подогнать эту разницу. Важный момент — это кратковременность измерения. Питающее напряжение подают только для отсчёта, чтобы транзистор не успел разогреться и ВАХ не ушла бы "вниз".

По сути, это есть грубое измерение по крутизне. Метод визуализации ВАХ выявляет такие грубые дефекты в ВАХ, как лишний начальный ток (дефект канала и это шум) или острые или плоские "гуляющие" изгибы при большом токе (наверное, дефект крепления кристалла или контакта), чем исключается трудоёмкое налаживание.

Крутизна ВАХ транзисторов КП902А максимальна (20...27 мА/В) при напряжении смещения +4...+5,5 В и $U_{СИ}$ = +18 В. Как показала практика, хороший предварительный подбор можно сделать с помощью омметра мультиметра, замыкая плюсовым щупом затвор и сток, и измерить при этом сопротивление канала. Для транзистора КП905А крутизна обычно на 25...30 % больше и ВАХ в целом на столько же короче, ёмкости меньше и быстродействие лучше в два раза.

АА-2-4 относится к категории мощных АА, и в конструкции нужно предусмотреть теплоотвод и предусмотреть удобную установку трансформатора без демонтажа теплоотвода. Если в месте размещения АА нет поблизости передающей КВ-антенны, взамен лампы HL1 можно установить резистор сопротивлением 120 Ом.

XT1 Вход 1 ("пила" 0...+8 В); XT2 Общий; C1 10 н; XT5 Uпит (18 В 300 мА); XT6 Общий; VT1; XT3 Выход X; R3 47; XT7 Выход Y; R1 10 к; R2 1; XT4 Общий; XT8 Общий

Рис. 25

Сначала подбирают резистор R12. Транзистор VT1 должен быть с сопротивлением канала 230...430 Ом. Вместо резистора R12 временно устанавливают подстроечный резистор сопротивлением 2,5 кОм, а вместо диода VD4 подключают миллиамперметр. Подстроечным резистором устанавливают ток транзистора VT1 таким, чтобы при разогреве и охлаждении транзистора ток остался постоянным. Потом заменяют подстроенный резистор постоянным с соответствующим сопротивлением и с учётом установленного тока подбирают резисторы R4 и R5, R13 и R16 для получения указанных режимов по постоянному току. Дроссели L2—L4 должны быть с малым активным сопротивлением, в сумме не более 6 Ом. Дроссель L4 был переделан из крупного дросселя индуктивностью 33 мГн. После удаления обмотки была намотана новая — 120 витков провода 0,3 мм, его активное сопротивление — 0,8 Ом. Трансформатор намотан на ферритовом магнитопроводе М2000НМ типоразмера К16×10×5, число витков — 2×19 проводом 0,2 мм с умеренной скруткой. Резисторами R11х устанавливают ток покоя, необходимый для режима "на горке". При подаче двухтонального сигнала 2×2000 мВ надо скорректировать баланс подборкой резистора R16, при этом отслеживать уровень IM_2 и добиться его минимума.

С транзисторами крутизной 20 мА/В был получен $К_{пер}$ = 0,5 на нагрузке 50 Ом. При входном сигнале 2×3500 мВ появилась IM_3 = –40 дБ, налаженным балансом IM_2 = –80 дБ. При сигнале 2×300 мВ вся интермодуляция останется ниже –100 дБ. Таким образом, АА-2-4 хорошо сработает с шестнадцатиразрядным SDR. АЭ можно увеличить до 120...150 см для приёма в диапазоне 0,01...25 МГц и установить АА на высокой мачте.

Входная ёмкость АУ — 11 пФ. Сам усилитель работает до частоты 35 МГц, при L1 = 5 мкГн полноценный приём будет до частоты 25 МГц. Версия АА на транзисторах серии КП905 имеет входную ёмкость 8 пФ и обеспечивает полноценный приём до частоты 30 МГц. Внешние шумы, поступающие от АЭ длиной 120...150 см, всегда больше шума АУ. Допустимая длина кабеля зависит от его качества на КВ, затухание в нём до 6 дБ мало ухудшает приём. В версии на КП905А допускается затухание до 9 дБ ввиду большего усиления. Общий потребляемый ток для транзисторов КП905А — 80...100 мА, для транзисторов КП902А — 120...160 мА.

Эта АА имеет крайне высокую эластичность к импульсным помехам, как все схемы с ДУ. Но чтобы это осталось полезным для КВ-приёма, приёмник должен иметь на входе хороший ФВЧ с частотой среза 2...3 МГц. При установке АА-2-4 на мачте все искажения образовались в приёмнике (SDR Perseus), это заметно при переключении его аттенюатора. В утренние часы (летом) при тихом эфире и отсутствии бытовых помех эта АА очень чисто "выловила" слабые сигналы в диапазоне 14...18 МГц с АЭ длиной 100 см.

Эта АА особенно радует практическим полным отсутствием IM_2 при тщательной балансировке. Поэтому нужен ещё инжектор питания, который не добавил бы интермодуляцию от ферритовых магнитопроводов. А самое главное, приёмник должен соответствовать этой АА, и наверное, в нём также потребуется доработка входного узла с полосовыми фильтрами для реализации предельно возможного ДД. Также стоит проанализировать его узлы защиты, чтобы они не навредили.

АА на основе ДУ решают многие вопросы по линейности и шумам, однако работа ДУ с подачей сигнала только на один вход останется критическим моментом и не позволит привести в действие симметрию ДУ для подавления синфазных помех, которые приходят на АЭ из здания. Следующим шагом будет применение ДУ для настоящей дипольной АА — об этом будет рассказано в следующем разделе.

*От редакции. Чертежи печатных плат и дополнительные материалы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/AA-7.zip** на нашем FTP-сервере.*

КВ-радиоприёмник

С. ДОЛГАНОВ, г. Барабинск Новосибирской обл.

Автор предлагает конструкцию КВ-приёмника на основе промышленного радиоприёмника китайского производства Kipo KB-308AC.

Предлагаемый однодиапазонный радиоприёмник (РП) с двойным преобразованием частоты предназначен для приёма радиовещательных станций в диапазоне от 25 м до 40 м на комнатную магнитную (рамочную) антенну.

РП имеет функцию плавной настройки на радиостанции, питается он от нестабилизированного трансформаторного источника постоянного напряжения 20 В. Настройка на радиостанции и настройка антенны — раздельные. Длина коаксиального кабеля между антенной и радиоприёмником — около 15 м. Главное в конструкции РП — верньерно-шкальный механизм и способ получения управляющего напряжения для гетеродина при настройке на радиостанции. Именно для проверки эффективности этого устройства и строился этот РП. Надеюсь, способ построения моего радиоприёмного устройства заинтересует читателей.

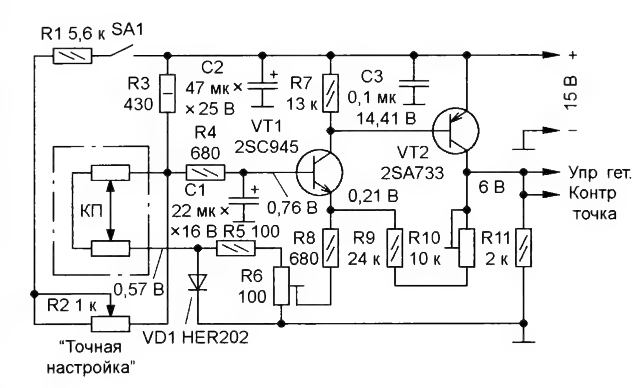


Рис. 1

Усилитель постоянного напряжения (**рис. 1**) собран на транзисторах VT1 и VT2. При минимальном сопротивлении между контактными проводниками (КП) подстроечным резистором R6 устанавливают минимальный уровень напряжения на варикапах управления частотой гетеродина, лучше всего — 2...3 В.

При максимальном сопротивлении между КП подстроечным резистором R10, изменяя коэффициент передачи отрицательной обратной связи, устанавливают максимальный уровень напряжения на варикапах, лучше всего — 12 В. Эту операцию для точности настроек необходимо повторить два-три раза.

В ходе настройки этого усилителя мною были выявлены следующие его особенности: подстроечными резисторами R6 и R10 можно легко "растянуть" необходимый радиочастотный участок, выставив при крайних положениях короткозамыкающего ползунка, например, нижнее напряжение 7 В, а верхнее — 9 В. При такой "растяжке" уменьшается сопротивление отрицательной обратной связи и повышается термостабильность усилителя.

Следует добавить, что для КП я применил нихромовый провод от нагревательного элемента мощностью 500 Вт. Применение для КП провода с большим сопротивлением значительно улучшает все качественные показатели усилителя.

После пятнадцатиминутного "прогрева" РП (необходимо учитывать и нестабильность гетеродина) получены следующие результаты, представленные в **таблице**. За один час напряжение управления гетеродином изменилось на 0,04 В, а частота — на 10 кГц. Точности определения частоты до 1 кГц мешает отсутствие такого разряда у мультиметра UT61C.

На **рис. 2** показан чертёж печатной платы, изготовленной из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Все детали смонтированы со стороны печатных проводников. Расположение элементов показано на **рис. 3**.

На **рис. 4** представлена схема РП. Первый смеситель собран на транзисторах VT1 и VT2. При установке режимов по постоянному току лучше всего, не впаивая транзистор VT1 и временно замкнув площадки под выводы стока и истока, подбором резистора R4 установить ток 1 мА между стоком VT2 и плюсовым выводом конденсатора C6. Затем следует припаять транзистор VT1 и при необходимости применить резистор дополнительного смещения R17 сопротивлением от 100 до 300 кОм для получения на стоке VT2 напряжения в пределах от 4 до 5 В. Чертёж печатной

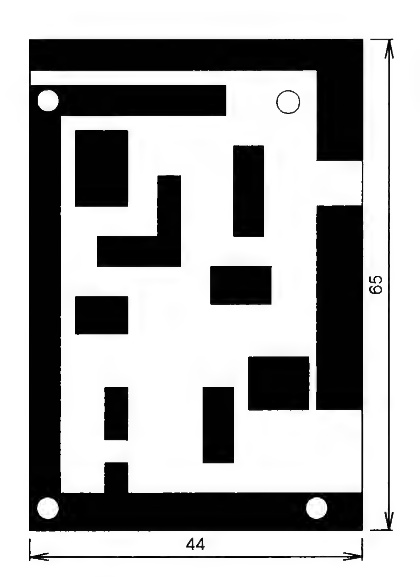


Рис. 2

Рис. 3

Время	20-00	21-00
Напряжение управления гетеродином, В	6	6,04
Частота гетеродина, МГц	11,52	11,51

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

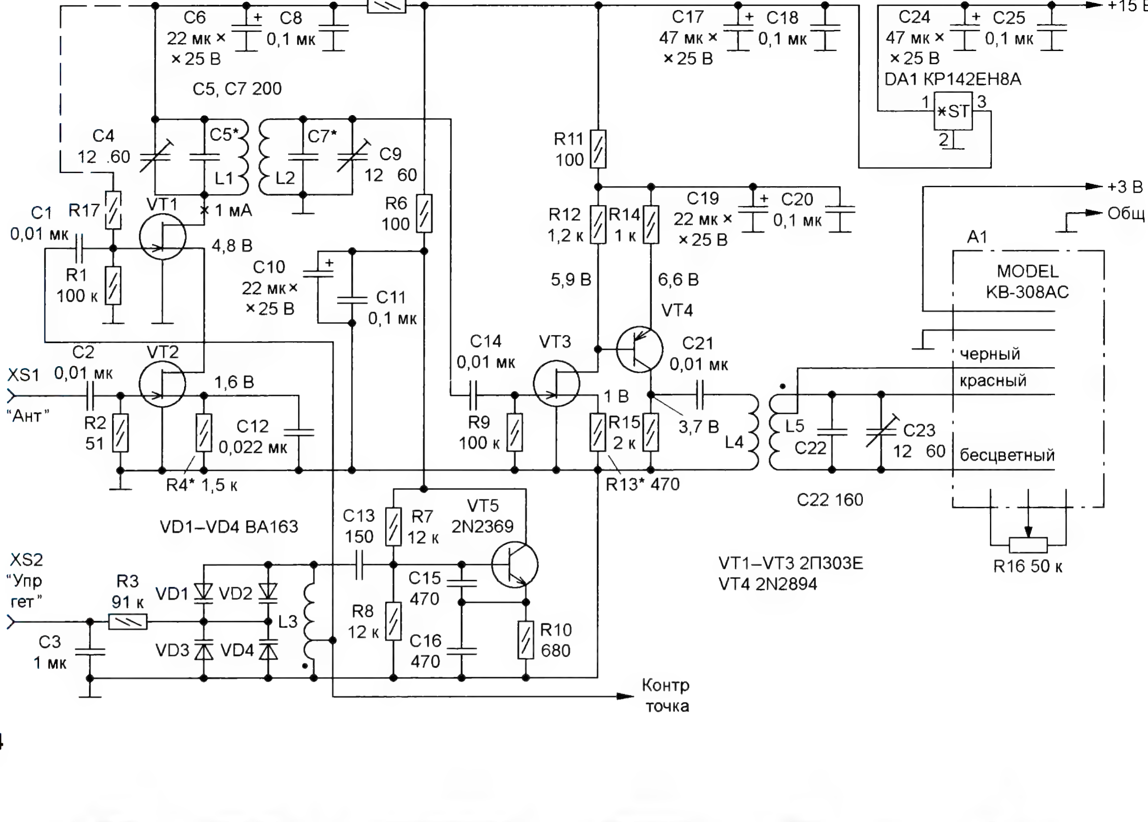


Рис. 4

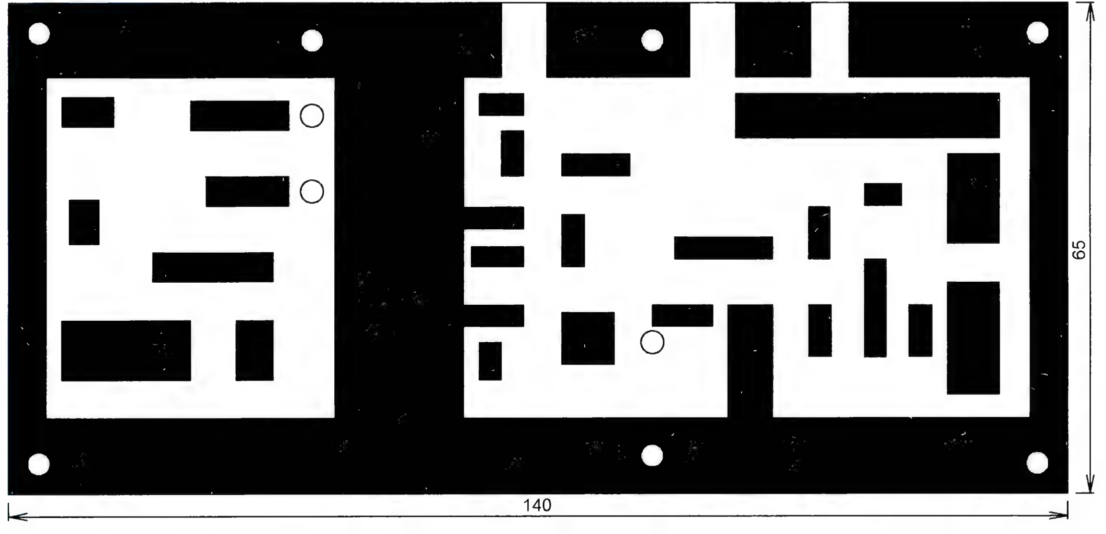


Рис. 5

платы РП показан на **рис. 5**. Она также изготовлена из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Все элементы смонтированы со стороны печатных проводников. Расположение деталей показано на **рис. 6**.

Катушки фильтра первой ПЧ намотаны на четырёхсекционных каркасах от сетевых фильтров компьютерных блоков питания. Намоточные данные и конструкция фильтра взяты из журналов "Радио" 40—50-х годов прошлого столетия. Из-за отсутствия ферритовых подстроечников с резьбой пришлось при настройке увеличивать с шагом 30—40 пФ ёмкость конденсаторов C5 и C7. Уменьшение характеристического сопротивления контуров фильтра способствует повышению устойчивости (отсутствию возбуждения) усилителя первой ПЧ на транзисторах VT3 и VT4. Фильтр первой ПЧ устанавливают на металлическом коробе шасси РП (**рис. 7**), а основную плату — в подвале короба. РП работоспособен без экранировки фильтра. Чертёж платы фильтра показан на **рис. 8**.

Катушки L1 и L2 содержат по 100 витков провода ПЭЛ 0,3, катушка L5 — 100 витков с отводом от 25-го витка, считая от верхнего по схеме вывода, провода ПЭЛ 0,3. Катушку L4 наматывают равномерно поверх катушки L5, она содержит 20 витков провода ПЭЛ 0,3. Катушка L3 содержит 8,5 витка провода ПЭЛ 1 и имеет отвод от второго витка.

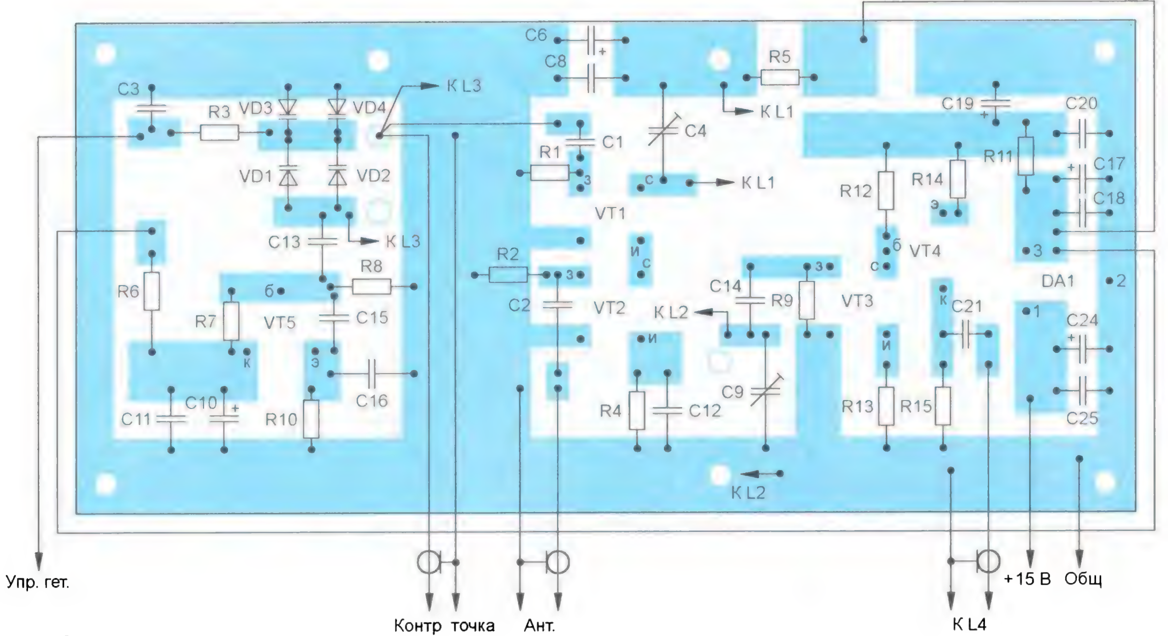


Рис. 6

В целях упрощения конструкции РП плата от китайского радиоприёмника КВ-308АС мною воспринята как один модуль. При первой установке (КВ-308АС настроен по шкале на 1600 кГц) этой сборки в ней родной регулятор громкости заменяют выносным с таким же сопротивлением и на ферритовый стержень её магнитной антенны наматывают обмотку связи L4, содержащую 25 витков провода ПЭЛ 0,3. Далее, сняв питание с транзистора VT5 (можно отпаять один из выводов резистора R6) и подключив через разделительный конденсатор ёмкостью 10 пФ проводник длиной около 0,5 м к стоку транзистора VT2, настраивают фильтр первой ПЧ. Перед второй установкой КВ-308АС с неё снимают магнитную антенну и пересчитывают витки входного контура. У катушки L5 делают отвод с таким же соотношением числа витков, что и у катушки магнитной антенны. Так делается замена магнитной антенны на обычный колебательный контур. Печатная плата нового контура L5C22C23 показана на **рис. 9**. Следует заметить, что ёмкость конденсатора C22 будет несколько меньше ёмкостей фильтра с конденсаторами C5 и C7 из-за наличия в КВ-308АС подстроечного и переменного конденсаторов.

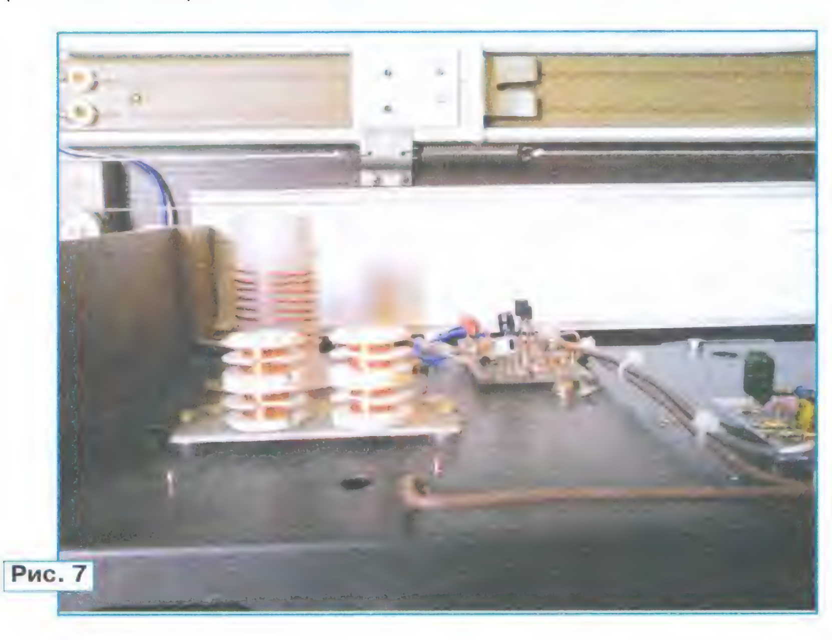


Рис. 7

Конструкция и крепление к шасси РП катушки гетеродина L3 показаны на **рис. 10**. Эту катушку не экранируют.

В левой части **рис. 11** даны основные геометрические размеры для изготовления антенны. Она изготовлена из алюминиевой полосы шириной 60 мм, а дополнительный элемент длиной 215 мм — шириной 28 мм. В авторском варианте были использованы алюминиевые пороги (стыки) для линолеума (**рис. 12**, **рис. 13**). Антенна изначально предназначалась для РП прямого усиления с умножителем добротности. Подробный чертёж антенны не приводится, поскольку чертежей подобных конструкций опубликовано достаточно много. У меня возникла мысль применить эту антенну в качестве своеобразного генератора ВЧ для калибровки шкалы РП. Мне удалось с помощью измерительного усилителя (схема в правой части рис. 11), поскольку был недостаточный уровень ВЧ, отградуировать шкалу настройки антенны прибором UT61C. Оказалось это гораздо удобнее, чем искать границы частот по контрольному РП.

У КВ-308АС очень эффективная АРУ, высокая чувствительность и избирательность. Эти характеристики и не дают реализовать преимущества умножения добротности. Определение на слух подхода к порогу генерации невозможно. Отсутствие выхода индикации уровня принимаемого сигнала у КВ-308АС также осложняет настройку. Поэтому, если точно повторять конструкцию моего РП, части схем на рис. 11, выделенные красным цветом, не нужны.

Следует добавить, антенна полностью приведена к "гражданскому варианту". Все материалы есть в свободной продаже. Стыки для линолеума прикрепляют шурупами непосредственно к пластмассовому кабельному коробу шириной 150 мм, длиной 350 мм и высотой 55 мм (**рис. 14**).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 9

Рис. 8

Рис. 10

Схема блока питания приведена на **рис. 15**. Он собран на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 16**, а расположение деталей — на **рис. 17**. Стабилизатор DA1 следует снабдить теплоотводом или закрепить непосредственно на металлическую часть шасси.

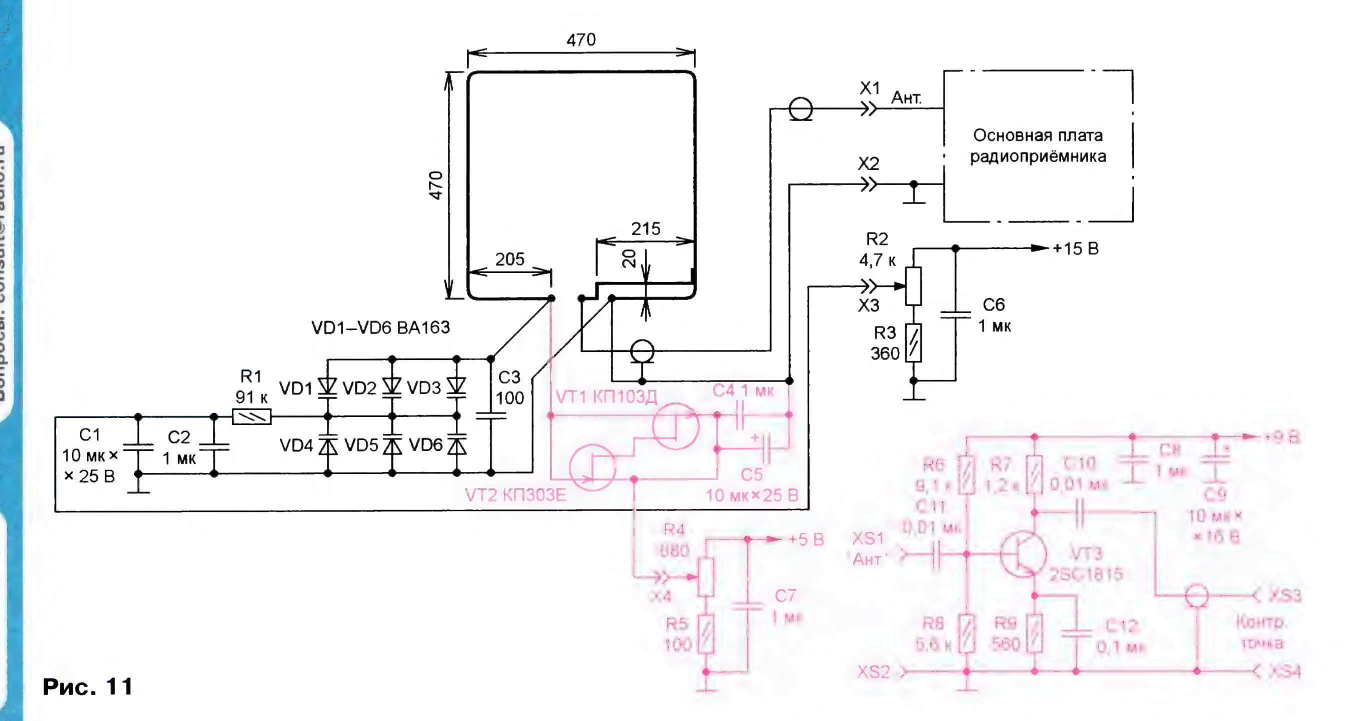


Рис. 11


Рис. 12


Рис. 13

Итак, я приступил к выполнению своих же рекомендаций. Убрал все детали, выделенные красным цветом на рис. 11. Проводник, подающий напряжение на аналог лямбда-диода, не убрал, а соединил его концы с общим проводом. Дополнительно поставил блокировочные конденсаторы ёмкостью по 0,5 мкФ непосредственно на клеммы шасси по питанию РП и на настройку антенны.

В итоге, настройка антенны стала гораздо острее. Приёма по зеркальному каналу я обнаружить не смог. Перестраивая антенну, я принимал радиостанции выше и ниже частоты гетеродина без совпадений на частотах зеркального канала.

После проверки возможности замены транзисторов VT4 (2N2894) и VT5 (2N2369) на SS9015 и SS9014, имеющих меньшую граничную частоту усиления, при настройке на радиостанции у РП уменьшилось число "точек свистов и помех". До замены я "сваливал это явление" на обилие работающих высокочастотных приборов во всём доме.

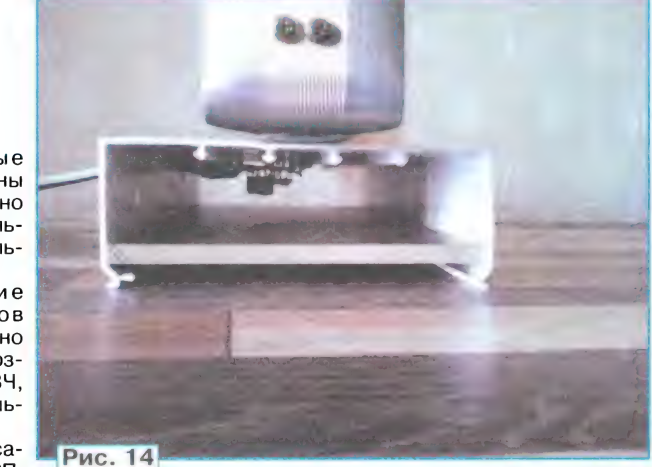
Для полного порядка убрал уже ненужные проводники и коаксиальные кабели, идущие к контрольным точкам.

Теперь стоит обобщить все полученные результаты.

1. Контрольные цепи очень удобны при настройке РП, но могут мешать в дальнейшем его нормальной работе.

2. Применение СВЧ-транзисторов может повлечь трудно обнаруживаемое возбуждение на СВЧ, мешающее нормальной работе РП.

Перейдём к описанию конструкции РП.


Рис. 14

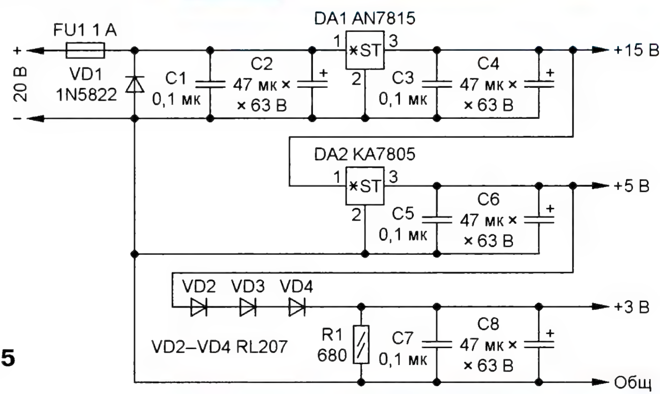


Рис. 15

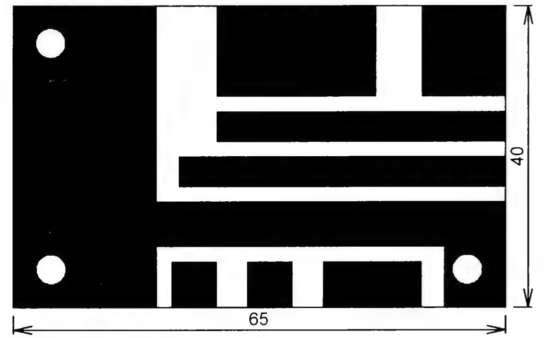


Рис. 16

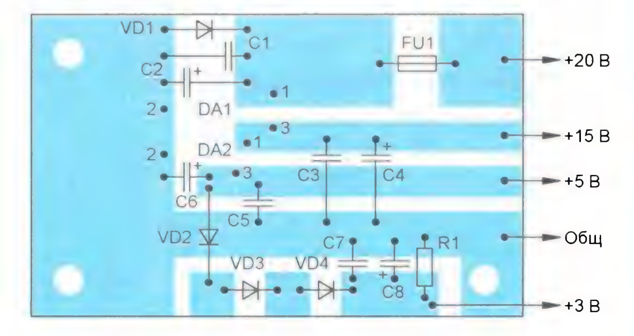


Рис. 17

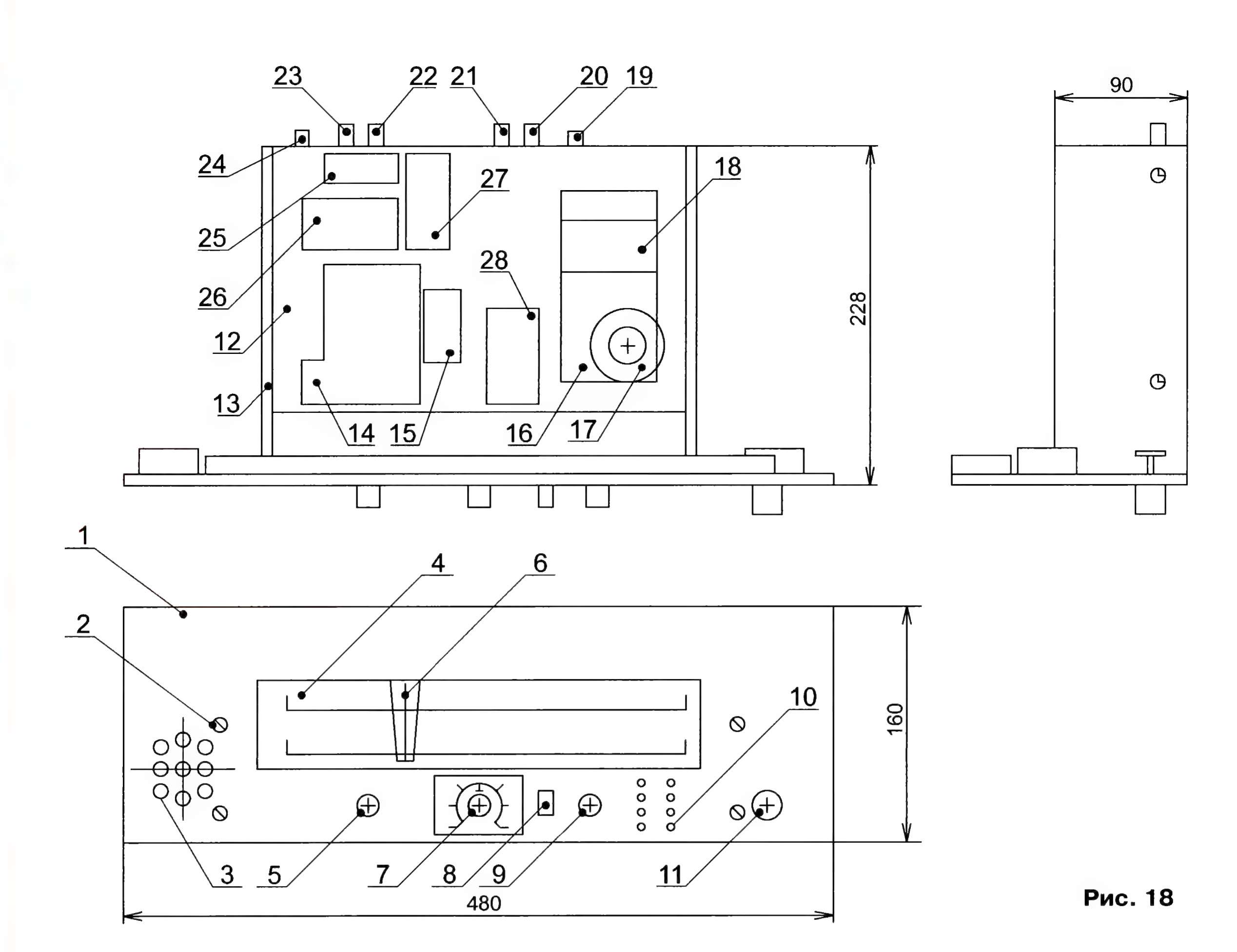


Рис. 18

На **рис. 18** показаны геометрические размеры РП и расположение его основных элементов. На передней панели 1 видно расположение винтовых креплений М4 2 для соединения с шасси РП, звуковых отверстий 3 для динамической головки, ручки регулятора громкости 5, ручки настройки антенны 7, тумблера включения плавной настройки 8, ручки плавной настройки 9, контрольных точек 10, ручки верньерного механизма 11, шкалы 4 (крышка пластмассового кабельного короба шириной 60 мм) и указателя шкалы 6.

Сверху виден металлический короб 12 и боковые стенки 13. На металлическом коробе расположены катушка гетеродина 17, фильтр первой ПЧ (1600 кГц) 18, антенный разъём 19, клеммы питания 20 и 21, клеммы управления антенной 22 и 23, антенный разъём 24 для измерительного усилителя 27, плата стабилизатора напряжения 15 В 25, плата стабилизатора напряжения 3 В 26 (в первоначальном авторском варианте стабилизаторы собраны на отдельных платах) и усилитель постоянного напряжения 28. В подвале металлического каркаса расположены следующие элементы: плата KB-308AC 14, входной контур 15 для KB-308AC и основная плата РП 16.

(Окончание следует)

Драйвер для однотактных и двухтактных ламповых УМЗЧ

В. ФЕДОСОВ, г. Краснодар

В последнее время в среде аудиофилов возрос интерес к ламповым SE (однотактным) и PP (двухтактным) усилителям. Зачастую ламповые УМЗЧ собирают по схемам 50—70-х годов прошлого века. В выходном двухтактном каскаде для достижения малого коэффициента нелинейных искажений (КНИ) одновременно должны быть обеспеченны два условия: идеальный парафазный сигнал и точное поддержание тока в лампах выходного каскада. Кроме того, от драйвера требуется большой коэффициент усиления для возможности введения местной отрицательной обратной связи (ООС) или общей ООС. Этим требованиям соответствует драйвер, схема одного канала которого показана на **рис. 1**. У него напряжение питания — 600 В, и он может работать совместно с выходным каскадом на лампах ГМ70, ГУ13, ГК71, ГУ50, Г807, ГУ17, ГУ19, ГУ29, ГУ32 и с серией ламп, предназначенных для работы в выходных каскадах строчной развёртки телевизоров.

Входной сигнал через регулятор уровня на резисторе R1 поступает на повторитель напряжения, который собран на транзисторах VT1 и VT2. На вход повторителя, т. е. на затвор полевого транзистора VT1, через резисторы R6 и R10 поступает входной сигнал.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

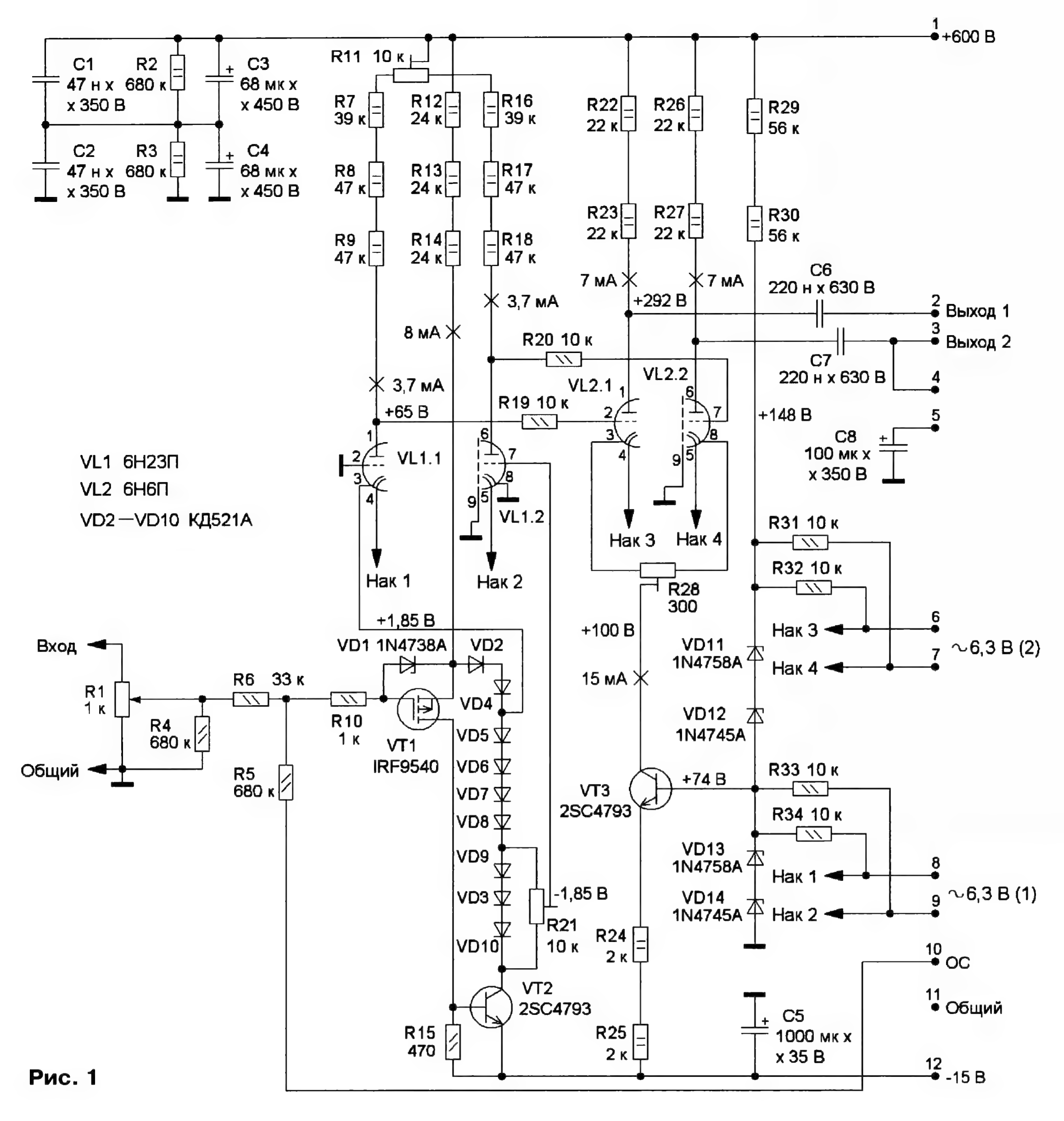


Рис. 1

Сигнал ООС поступает с выходного трансформатора выходного каскада УМЗЧ в соответствующей фазе через резистор R5. Для разных выходных каскадов и чувствительности потребуется подобрать этот резистор. Резисторы R12—R14 выполняют функцию стабилизатора тока повторителя напряжения. В цепь коллектора транзистора VT2 включены диоды VD2—VD10, которые задают напряжение смещения для ламп VL1.1, VL1.2.

Фазоинвертор на лампах VL1.1 и VL1.2 обеспечивает идеальные сигналы, которые затем усиливаются дифференциальным усилителем на лампах VL2.1 и VL2.2. Напряжение смещения для лампы VL1.1 образуется за счёт подачи напряжения +1,85 В на катод лампы, одновременно туда поступает и усиливаемый сигнал. Напряжение смещения для лампы VL1.2 образуется за счёт подачи напряжения −1,85 В на сетку лампы, туда же поступает и усиливаемый сигнал. Небольшой дрейф тока в лампах VL1.1, VL1.2, т. е. небольшое изменение анодных напряжений в интервале десятых долей вольта, не влияет на режим работы дифференциального каскада. Подстроечный резистор R11 компенсирует разброс сопротивлений анодных резисторов R7—R9 и R16—R18. Этим резистором устанавливают равенство анодных напряжений на лампах VL1.1, VL1.2. Коэффициент усиления каждого из каскадов $K_y \approx 30$, он фактически равен паспортному коэффициенту усиления лампы 6Н23П, который составляет 34±9.

С анодов ламп VL1.1, VL1.2 сигналы через резисторы R19 и R20 поступают на сетки ламп дифференциального каскада на лампах VL2.1 и VL2.2 (двойной триод 6Н6П). Их коэффициент усиления $K_y \approx 20$, и он соответствует паспортному коэффициенту усиления лампы 6Н6П, который составляет 20±9. В цепь катодов ламп VL2.1 и VL2.2 установлен балансировочный резистор R28, который позволяет установить идентичность звуковых выходных напряжений дифференциального каскада. На подогреватель лампы VL1 подано напряжение +74 В через резисторы R33 и R34. На подогреватель лампы VL2 подано напряжение +148 В через резисторы R31 и R32. Поэтому накал ламп VL1 и VL2 необходимо запитать от отдельных изолированных источников.

Общий коэффициент усиления драйвера $K_y \approx 600$ для каждого выхода (контакты 2 и 3). С ООС при выходном напряжении 35 В КНИ = 0,028 %, при выходном напряжении 64 В КНИ = = 0,05 %, а при выходном напряжении 100 В КНИ = 0,14 %. Полоса рабочих частот драйвера — от 4 Гц до 80 кГц. Для оценки характеристик драйвера были исследованы спектры выходных напряжений с помощью программного комплекса Шмелёва. На **рис. 2** показан спектр выходного сигнала генератора измерителя нелинейных искажений СК6-13. На **рис. 3** — спектр выходного сигнала драйвера при выходном

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

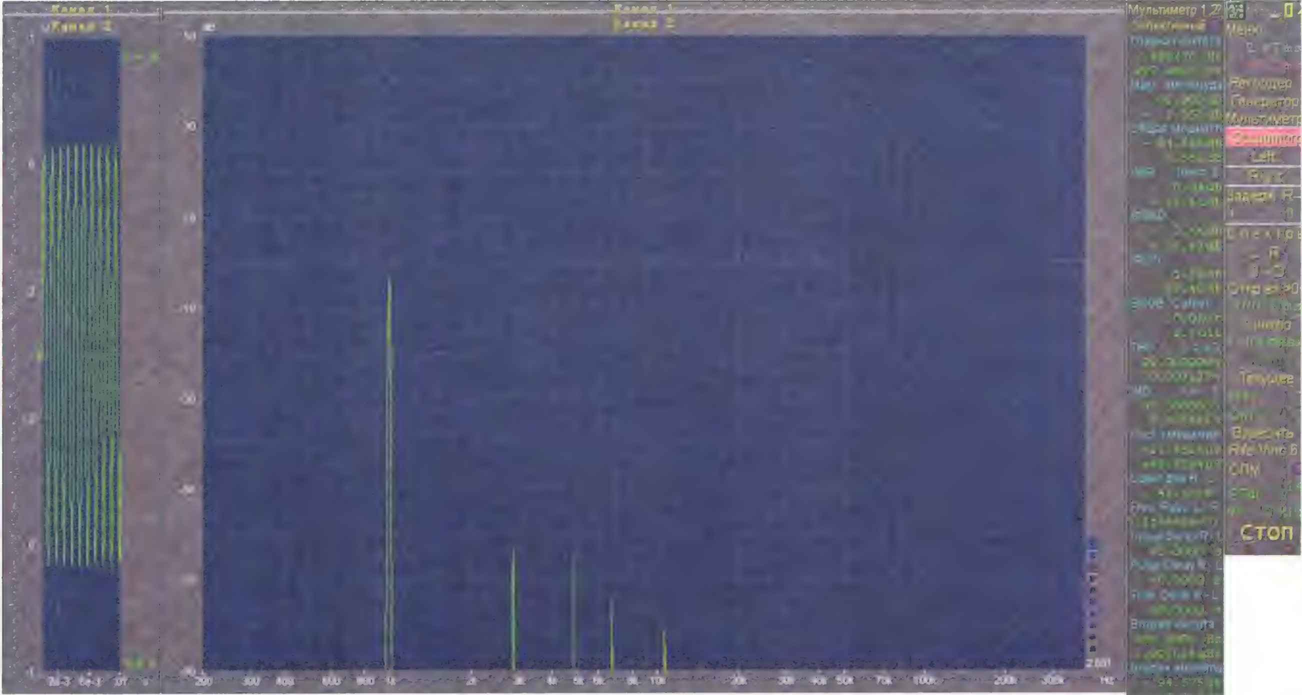


Рис. 2

Рис. 3

напряжении 64 В без ООС. На **рис. 4** — спектр выходного сигнала с ООС при таком же выходном напряжении. На **рис. 5** показан спектр выходного сигнала при выходном напряжении 100 В с ООС.

В качестве переходных конденсаторов можно применить конденсаторы серий ФТ-2, ФТ-3, Wima MKP, Hovland, Auri, Cardas, Jensen PIO. В радиолюбительской литературе советуют применять слюдяные конденсаторы ССГ, СГМ-4, К31-11-3Г, а также и другие серии — К71, К78, К73, К40У-9, К40У-2, К42У-2, ФТ, КГБ-И, К77-1 на соответствующее номинальное напряжение.

Применение ёмкостной связи между выходным каскадом и драйвером имеет определённые преимущества, а именно — позволяет сделать усилитель технологически простым. Драйвер и выходной каскад можно наладить отдельно, коррекция режима драйверного каскада не оказывает прямого влияния на

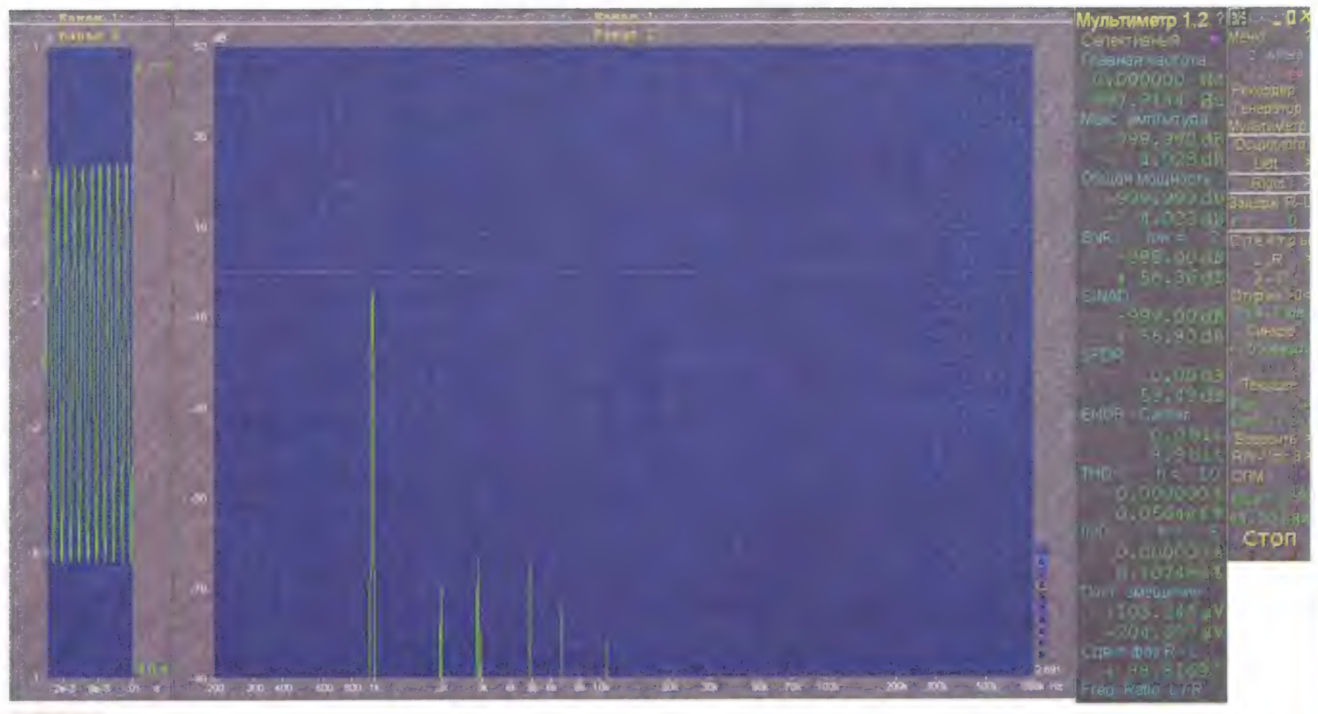


Рис. 4

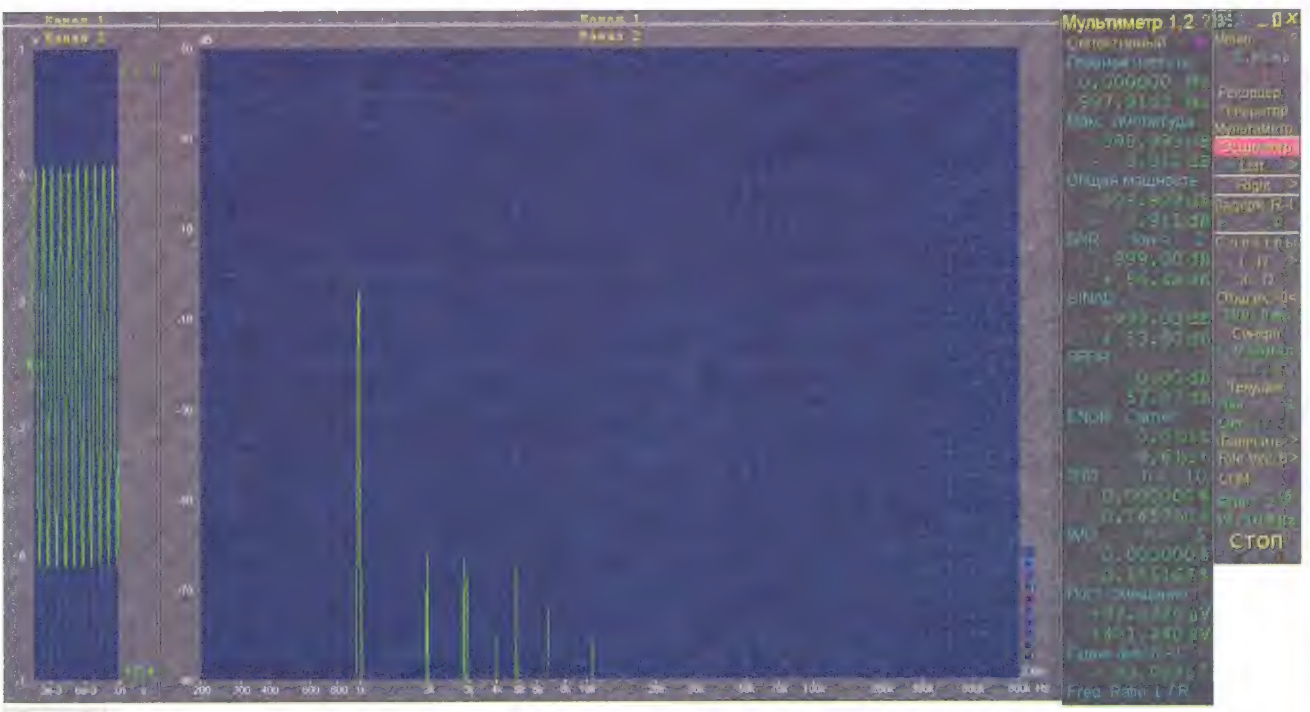


Рис. 5

режим выходного каскада. Лампы в таком усилителе работают более безопасно, поскольку неожиданный отказ лампы драйвера не приводит к фатальным последствиям для выходного каскада, или наоборот.

Этот драйвер может работать и с SE-усилителями. Для этого к аноду лампы VL2.2 подключают конденсатор C8, установив перемычку между контактами 4 и 5. В этом случае лампа VL2.2 работает как катодный повторитель, а лампа VL2.1 получает парафазный сигнал и в катод и в сетку. При таком включении коэффициент усиления возрастает до 1200, а нелинейные искажения соответственно уменьшаются. Если с выходным каскадом реализована связь через межкаскадный трансформатор, его подключают непосредственно к анодам ламп VL2.1, VL2.2. В этом случае резистором R28 устанавливают идентичность постоянных напряжений на анодах ламп VL2.1, VL2.2. Если необходимо получить больший коэффициент усиления этого драйвера, нужно применить дифференциальный каскад, описанный в [1, 2]. Для введения ООС в драйвере надо установить перемычку между контактами 2 и 10.

Рекомендации по налаживанию драйвера. В выключенном состоянии устанавливается равенство нагрузоч-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

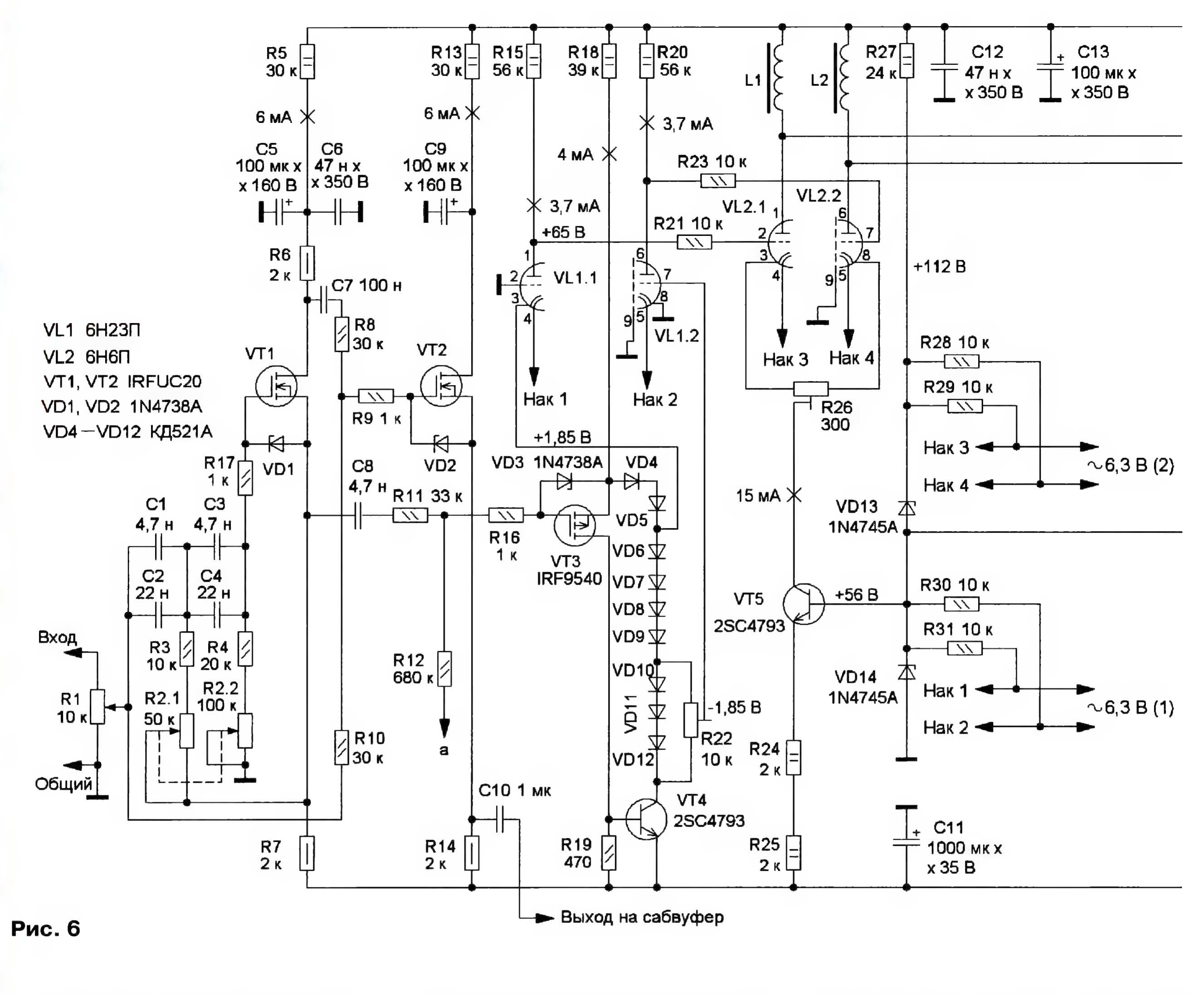


Рис. 6

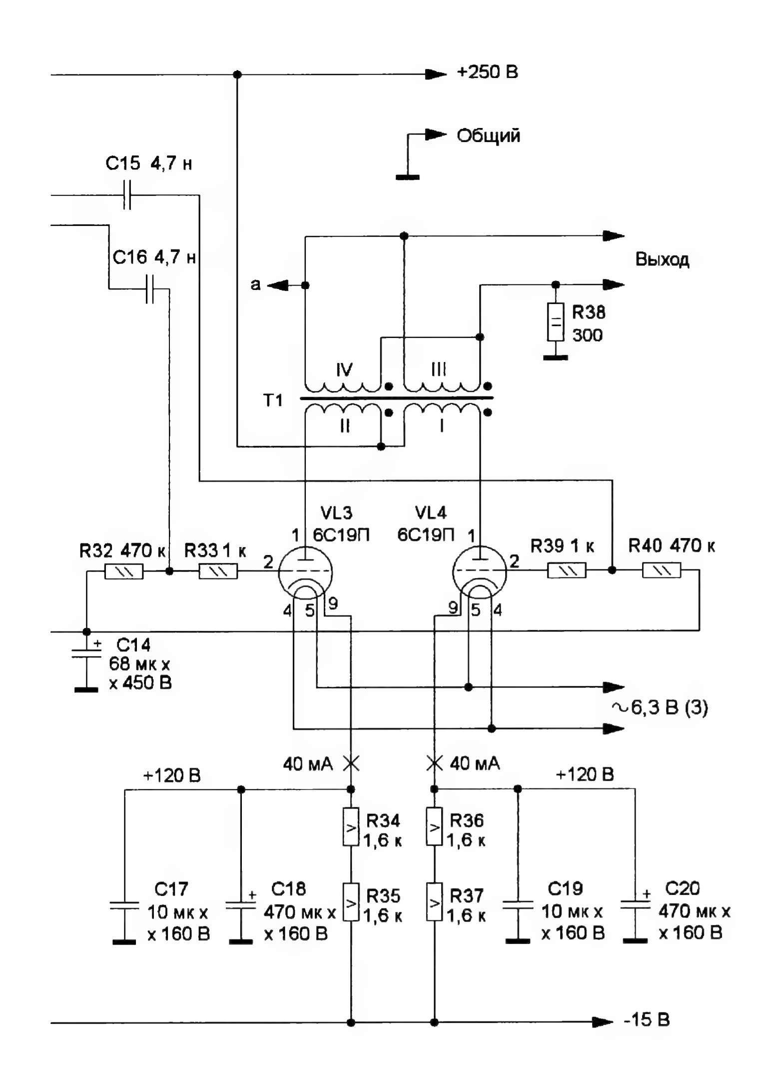
ных анодных резисторов R7—R9 и R16—R18 путём перемещения движка подстроечного резистора R11. Затем драйвер включают, и подстроечным резистором R21 устанавливается равенство анодных напряжений на лампах VL1.1, VL1.2. Далее на вход драйвера подают сигнал с генератора сигналов и подстроечным резистором R28 устанавливают равенство переменных парафазных напряжений на его выходе. При монтаже и сборке необходимо придерживаться общеизвестных правил монтажа подобных конструкций.

Этот драйвер можно адаптировать для питания напряжением 250 Вт для работы в СЧ-ВЧ УМЗЧ с выходным каскадом на лампах 6С19П, 6С33С, 6П1П, 6П14П, 6П15П, 6П18П. Схема одного канала СЧ-ВЧ УМЗЧ показана на **рис. 6**. Входная часть имеет расширенные функциональные возможности, её преимущества подробно описаны в [2]. Входной сигнал через регулятор уровня на резисторе R1 подаётся на кроссовер с полосой разделения от 70 до 160 Гц, собранный на полевых транзисторах VT1 и VT2. Далее сигнал диапазона СЧ+ВЧ поступает на фазоинвертор на лампах VL1.1, VL1.2, затем на дифференциальный каскад на лампах VL2.1, VL2.2, где в качестве нагрузки применены дроссели L1 и L2. В качестве дросселей применены сетевые обмотки трансформатора ТПГ-2. Это самый маломощный трансформатор из этой серии, он имеет изолированный корпус с штыревыми выводами для возможности его установки на печатную плату. Сетевая обмотка имеет активное сопротивление 1500 Ом.

Усиленный сигнал через переходные конденсаторы C15 и C16 поступает на двухтактный выходной каскад, собранный на лампах VL3, VL4 (6С19П). Эти конденсаторы и резисторы R32, R40 образуют фильтры верхних частот с частотой среза 70 Гц и крутизной 6 дБ/октаву. Выходной каскад собран на лампах 6С19П, которые хорошо работают в выходных каскадах благодаря их низкому внутреннему сопротивлению и высокой линейности вольт-амперных характеристик. В выходном каскаде можно применить параллельное включение нескольких ламп. Суммарная входная ёмкость лампы 6С19П невелика, поэтому драйвер может раскачать до десяти ламп 6С19П, включённых в параллель. Мощность, постоянно рассеиваемая на аноде лампы 6С19П при напряжении 200 В, не должна превышать 11 Вт. Этот режим может быть принят в качестве основного рабочего режима лампы. Внутреннее сопротивление одной лампы в рабочей точке — около 440 Ом. При параллельном включении двух ламп внутреннее сопротивление будет около 220 Ом.

Важным достоинством лампы является её низкое внутреннее сопротивление, что позволяет применить выходной трансформатор с относительно малым сопротивлением первичной обмотки по переменному току. Воспроизведение СЧ—ВЧ сигнала и параллельное включение ламп выходного каскада позволяют ещё более уменьшить число витков первичной обмотки выходного трансформатора, что упрощает его изготовление и уменьшает его цену. Относительно небольшое рабочее напряжение анодного источника питания позволяет в блоке питания использовать оксидные конденсаторы, рассчитанные на напряжение 300...350 В.

Полоса рабочих частот УМЗЧ — от 90 Гц до 80 кГц. При использовании двух пар ламп в выходном каскаде при максимальной выходной мощности 20 Вт



без цепи ООС КНИ не превышает 2,5 %. На этой же мощности с введённой ООС КНИ — не более 0,1 %.

Выходная мощность 20 Вт достигается с четырьмя выходными лампами. Для получения большей мощности необходимо увеличить их число. Вместе с тем, при построении двухполосного усилителя необходимо учитывать, что в низкочастотном диапазоне при уровне звукового давления 80 дБ сигнал с частотой 100 Гц должен быть примерно на 10 дБ громче (в 10 раз больше мощности), чтобы звучать так же громко, как сигнал частотой 1 кГц. Сигнал с частотой 60 Гц должен быть примерно на 20 дБ громче (в 100 раз больше мощности). Рекомендуемая частота раздела кроссовера — 120...160 Гц. Мощности 20 Вт на СЧ—ВЧ соответствует мощность 40...50 Вт в НЧ-диапазоне, что вполне достаточно для озвучивания не очень больших помещений.

Известно, что выходной трансформатор в ламповом усилителе имеет большое значение, поэтому был применён заказной тороидальный трансформатор производства фирмы "Торэл" [3]. Он имеет следующие параметры. Нижняя граничная частота — 90 Гц, номинальный ток для каждого плеча усилителя — 80 мА. Магнитопровод тороидальный — ОЛ458532, внутренний диаметр — 45 мм, внешний диаметр — 85 мм, высота — 32 мм, масса — 953 г. Индуктивность первичных обмоток I и II — 12 Гн, их активное сопротивление — 19+19 Ом, активное сопротивление вторичных обмоток III и IV — по 0,2 Ома. Число витков первичной обмотки — 550+550 обмоточного провода диаметром 0,28 мм. Для сопротивления нагрузки 8 Ом вторичные обмотки должны иметь по 64 витка провода диаметром 1,64 мм, они включены параллельно. Для сопротивления нагрузки 4 Ом вторичные обмотки должны быть по 45 витков того же провода, две обмотки включены параллельно. Порядок намотки обмоток трансформатора следующий: первая обмотка — анодная I, вторая обмотка — выходная III, третья обмотка — анодная II, третья обмотка — выходная IV.

За счёт большого сопротивления резисторов автосмещения R34—R37 происходит стабилизация токов покоя ламп выходного каскада. К примеру, при изменении анодного тока на 5 мА напряжение автосмещения изменится на 16 В. Этот метод стабилизации тока выходных ламп более подробно описан в [2]. Сопротивления резисторов R34, R35 и R36, R37 должны быть максимально одинаковыми. При таком методе стабилизации тока не требуется тщательного подбора ламп в пары, а при долговременной работе не происходит разбаланс токов в плечах выходного двухтактного каскада. Поэтому усилитель, собранный по этой схеме, работает надёжно, без изменения режимов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Федосов В.** Ламповый кроссовер с перестраиваемыми фильтрами. — Радио, 2022, № 2, с. 7—12.

2. **Федосов В.** СЧ—ВЧ УМЗЧ с двухтактным ламповым выходным каскадом. — Радио, 2022, № 6, с. 19—21.

3. ТОРЭЛ. — URL: **http://www.torel.ru/** (16.07.22).

Грозозащита сетевой карты с отключением от локальной сети

А. ВИШНЕВСКИЙ, г. Луганск, ЛНР

В журнале "Радио" была опубликована статья [1], описывающая аспекты защиты локальных компьютерных сетей от грозы. В ней на рис. 1 приведена схема устройства, обеспечивающая грозозащиту входного устройства локальной сети. Я решил применить это устройство для защиты сетевой карты своего стационарного компьютера с небольшой доработкой. Доработка заключается в следующем. При отключении компьютера от сети 230 В локальная сеть от сетевой карты также отключается двумя реле с четырьмя переключающими контактами каждое. Отключение сетевого локального кабеля от оборудования повышает надёжность грозозащиты сетевой карты. Отключить локальную сеть от сетевой карты можно

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

и при включённом компьютере отдельным выключателем. При этом вынимать разъёмы RJ45 из гнёзд не нужно, отключение производится с помощью реле. Конечно, в этот момент связи между компьютерами не будет, её можно будет восстановить, включив выключатель после прохождения грозового фронта.

На **рис. 1** показана схема доработанного устройства. Узел защиты от грозы оставлен без изменений, в него входят газовые разрядники FV1—FV4, диоды VD2—D17, супрессор VD19, гнёзда XS1 и XS2. Дополнительные элементы — это два реле K1, K2, конденсаторы C1, C2, диодный мост VD1, резисторы R1—R3 и два индикаторных светодиода HL1, HL2. В отдельном выключателе, который тоже дополнительный и подключается к блоку защиты двухпроводным кабелем с помощью вилки XP2 и розетки XS3, размещены индикаторный светодиод HL3, диодный мост VD20, стабилитрон VD18, конденсатор C3 и резистор R4. Светодиод HL3 загорается тогда, когда включены реле в блоке защиты. Выключатель подключается к блоку защиты в гнездо XS3, в нём предусмотрены блок-контакты SA1, размыкающиеся, если вилка XP2 вставлена в розетку XS3.

Работает доработанное устройство грозозащиты следующим образом. Устройство включено в разрыв интернет-кабеля, подключаемого к стационарному компьютеру. В гнездо XS1 подключается кабель от интернет-провайдера, а к гнезду XS2 подключают с помощью патч-корда сетевую карту компьютера. Сетевая вилка XP1 включена вместе с вилками от системного блока и монитора в сетевой фильтр переменного тока с несколькими розетками. Стационарный компьютер подключается к напряжению 230 В выключателем на сетевом фильтре. В розетках сетевого фильтра появляется переменное напряжение 230 В, оно поступает на монитор и системный блок стационарного компьютера. Также сетевое напряжение поступает на устройство грозозащиты, и реле включаются. Они своими контактами подключают кабель локальной сети к сетевой карте компьютера, при этом светят светодио-

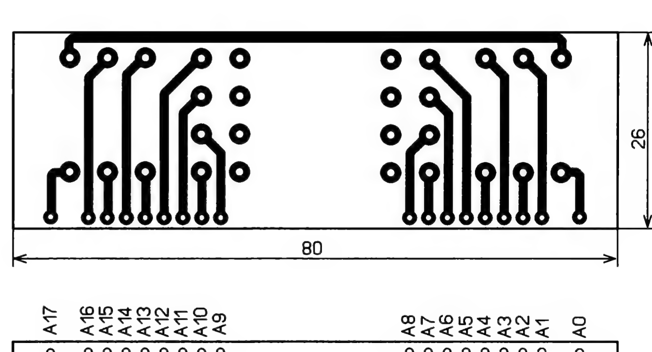


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

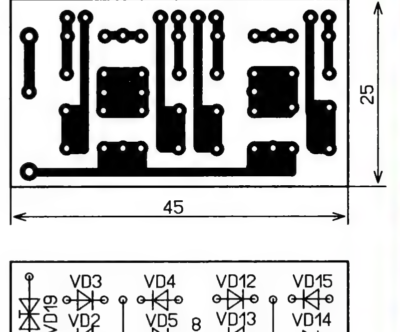


Рис. 4

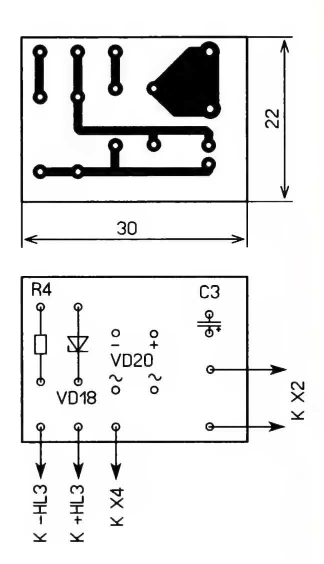


Рис. 5

Рис. 2

ды HL1—HL3. Отдельным выключателем SA2 можно отключить локальную сеть от сетевой карты компьютера, соответственно все светодиоды погаснут. Такая ситуация возможна, когда проходит грозовой фронт. После окончания работы на компьютере его отключают программным способом. Напряжение 230 В также желательно отключить выключателем в сетевом фильтре, тогда и реле в устройстве защиты отключат локальную сеть от компьютера.

Детали, используемые в блоке защиты, такие же, как рекомендовано в [1]. Дополнительные элементы — реле РЭК34 паспорт КЩ 4.569.009-02, конденсатор C1 — серии К73-11 [2], конденсаторы C2, C3 — К50-35 или импортные, светодиоды — красного свечения с диаметром корпуса 3 мм. Гнездо XS3 должно иметь контакты, замыкающиеся при изъятии из гнезда штекера XP2. Стабилитрон VD18 — мощностью 1,3 Вт, постоянные резисторы — МЛТ, гнёзда XS1, XS2 — 8P8C для монтажа пайкой на плату.

Все элементы устройства защиты смонтированы на нескольких платах, которые установлены в пластмассовый корпус размерами 100×85×35 мм. Для изготовления плат использован односторонний фольгированный стеклотекстолит толщиной 1,5 мм. На **рис. 2** показан чертёж основной кросс-платы. На **рис. 3** показан чертёж печатной платы, на которой установлены реле. На **рис. 4** показана плата, на которой смонтированы диоды VD2—VD17 и супрессор VD19. Две последние платы устанавливают на основную плату пер-


Рис. 6


Рис. 7

пендикулярно к ней. Для этого на этих платах в отверстия контактов А0—А17 и В0—В8 впаивают отрезки медного лужёного провода. Затем с помощью этих отрезков платы монтируют на основной плате.

Плата, размещённая в отдельном выключателе, показана на **рис. 5**, в нём она закреплена с помощью клея. В качестве отдельного выключателя использован одноклавишный выключатель для открытой проводки на напряжение 230 В. Вид на монтаж устройства в корпусе представлен на **рис. 6**. Внешний вид устройства в сборе с отдельным выключателем показан на **рис. 7**.

Собранное без ошибок устройство защиты в налаживании не нуждается.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Малород Д.** Грозозащита локальных сетей. — Радио, 2004, № 2, с. 25—27.

2. К73-11. — URL: **https://zapadpribor.com/k73-11/** (28.07.22).

***От редакции**. Чертёж печатной платы устройства находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/groza.zip** на нашем FTP-сервере.*

Автомат-регулятор оборотов сверлильного станочка

И. ЕРОБКИН, г. Ворсма Нижегородской обл.


Рис. 1

При сверлении печатных плат бывает довольно сложно прицелиться в точку сверления, а когда сверло быстро вращается, это сделать ещё труднее, и не редки случаи повреждения дорожек печатных плат, тем более если они тонкие. Для повышения удобства сверления можно использовать автоматический регулятор оборотов. Когда сверло не нагружено, оно вращается медленно, а при сверлении устройство увеличивает обороты сверла до номинальных. Такой автомат и был сделан для совместного использования с самодельным сверлильным станочком (**рис. 1**), у которого мощность электродвигателя 50 Вт.

Схема устройства приведена на **рис. 2**. Оно позволяет регулировать три параметра. Резистором R8 — скорость вращения холостого хода электродвигателя, резистором R6 — его номинальную скорость вращения при сверлении, а резистором R3 — ток, при котором происходит переключение этих двух режимов.

Работает устройство следующим образом. На транзисторе VT1 собран узел переключения режимов работы, на стабилитроне VD2 и резисторе R4 собран параметрический стабилизатор напряжения 8,2 В, который вместе с транзисторами VT3—VT5 образует регулируемый стабилизатор напряжения. Резистором R8 устанавливают на электродвигателе напряжение, соответствующее минимальной скорости вращения и удобной для прицеливания в точку сверления. Резистором R6 устанавливают номинальную скорость вращения, чтобы было комфортно

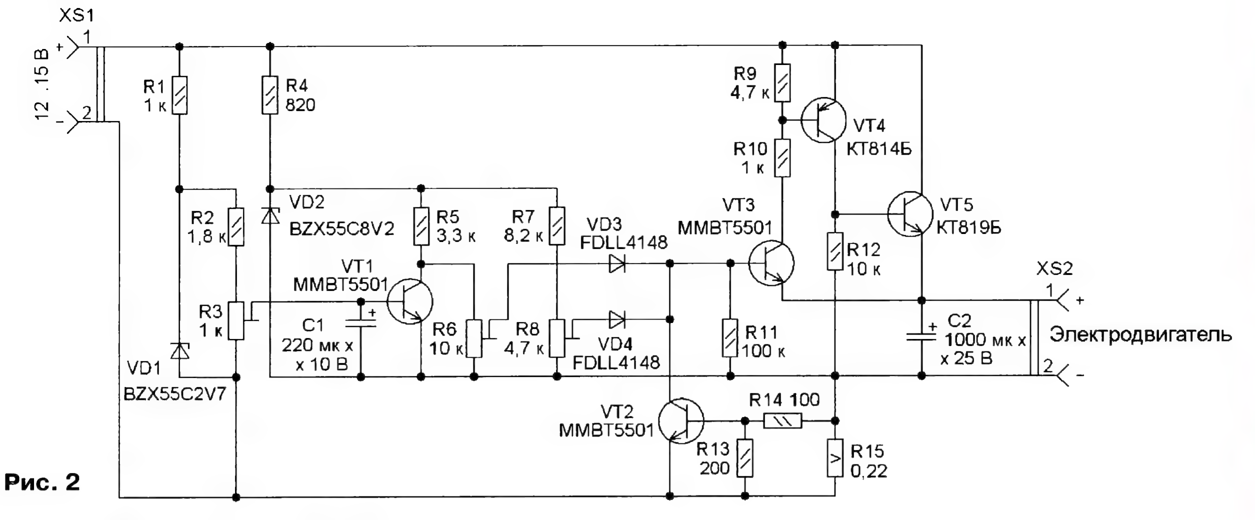
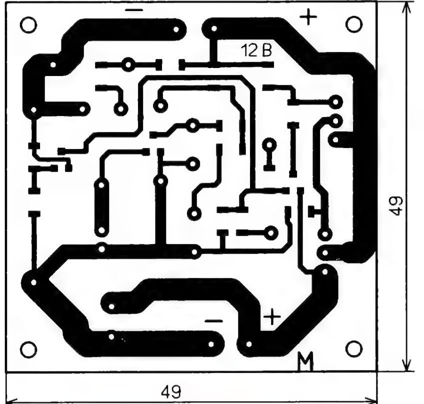
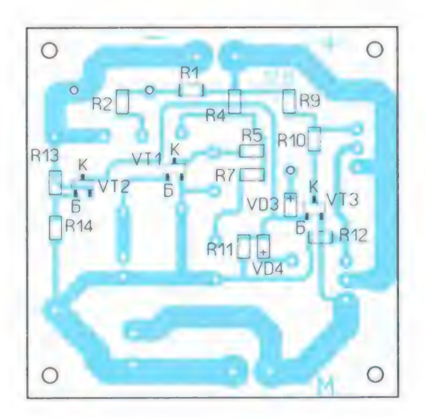


Рис. 2





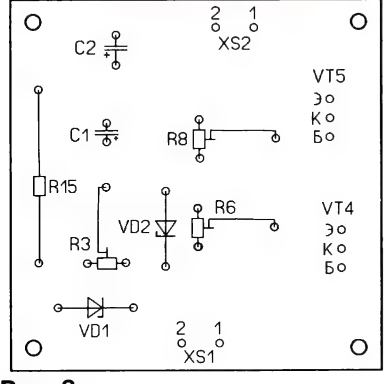


Рис. 3

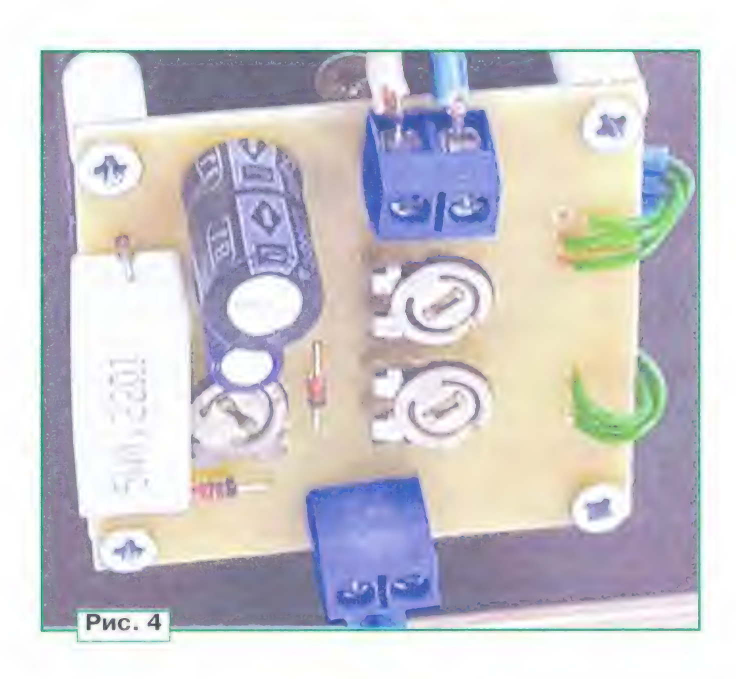


Рис. 4

сверлить без перегрева сверла и визжания электродвигателя. На транзисторе VT2 и резисторе R15 собран узел ограничения тока.

На резисторе R1 и стабилитроне VD1 собран параметрический стабилизатор напряжения 2,7 В. На базу транзистора VT1 с подстроечного резистора R3 поступает напряжение, которое его открывает. В процессе работы на резисторе R15 появляется напряжение, пропорциональное току, протекающему через электродвигатель. Это напряжение будет закрывающим для транзистора VT1. Когда этот транзистор открыт, он шунтирует резистор R6, поэтому на базу транзистора VT3 через диод VD4 поступает напряжение с резистора R8 и электродвигатель будет вращаться медленно.

При сверлении ток через электродвигатель увеличивается, и падение напряжения на резисторе R15 будет достаточным для закрывания транзистора VT1. В результате этого на базу транзистора VT3 через диод VD3 поступит напряжение с резистора R6 и электродвигатель будет вращаться быстро. Поскольку при этом ток через электродвигатель и резистор R15 увеличится, транзистор VT1 закроется ещё больше. Так скачком происходит переключение режимов. После окончания сверления ток через электродвигатель уменьшается, и происходит обратное переключение режимов — вращение замедляется. В моём случае ток холостого хода установлен на уровне 0,4 А.

Резистором R3 устанавливают ток, при котором происходит переключение режимов и который зависит от силы нажатия сверла на печатную плату. Можно добиться, чтобы даже при небольшом касании сверла режимы переключались. Конденсатор C2 подавляет броски напряжения на



Рис. 5

электродвигателе, что повышает устойчивость переключения режимов.

На транзисторе VT2 собрана защита по току, её порог настроен примерно на 4,4 А, чтобы в случае зажатия сверла в печатной плате не сгорели транзисторы стабилизатора напряжения. При достижении заданного тока, который можно вычислить по формуле $I_з = U_{бэ} \times (R13 + R14)/(R13 \times R15)$, где $U_{бэ}$ — напряжение база—эмиттер транзистора (0,65 В), транзистор VT2 открывается, что приводит к закрыванию транзисторов VT3—VT5 и ограничению тока. Но не стоит держать сверло в зажатом состоянии слишком долго, так как на транзисторе VT5 при этом будет выделяться большая мощность, что может привести к его перегреву и выходу из строя.

Большинство деталей смонтированы на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 3**. Применены подстроечные резисторы СП3-38б, резистор R15 — серии SQP, остальные — для поверхностного монтажа типоразмера 1206. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, клеммники XS1, XS2 — винтовые KLS2 или аналогичные. Плата закреплена на ребристом теплоотводе с такими же размерами, на котором закреплены транзисторы VT4, VT5 (**рис. 4**). При этом транзистор VT4 должен быть установлен через изолирующую теплопроводящую прокладку. Сам теплоотвод закреплён сзади на стойке станочка (**рис. 5**).

__От редакции__. Чертежи печатной платы устройства в редакционном и авторском вариантах находятся по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/dril.zip__ на нашем FTP-сервере.

Барометр-термометр с питанием от литиевого элемента CR2477

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

Теперь по поводу "бага" при программировании ЖКИ RDN0007-PAN-#00. Этот ЖКИ — усовершенствованная версия более старых ЖКИ TI8148 и TIC55. У этих ЖКИ общий контроллер (драйвер) — ML1001. Эти ЖКИ имеют восемь знакомест, каждое из которых состоит из семи сегментов цифры, сегмента десятичной точки и сегмента "галочки" ("^"), т. е. всего из девяти сегментов. Таким образом, общее число сегментов ЖКИ равно 8×9 = 72. Каждый сегмент кодируется определённым битом, откуда следует, что для заполнения всего ЖКИ требуется передать 72 бита. Так вот, в справочном листке ML1001 указано, что для заполнения всего ЖКИ требуется передать 72 информационных бита и ещё восемь пустых битов, чтобы их общее число было равно 80. На таком принципе работают ЖКИ TI8148 и TIC55. В отличие от этих ЖКИ, в RDN0007-PAN-#00 требуется передать не 80, а 72 бита, т. е. ровно столько, сколько их требуется для всех его знакомест (по девять бит каждое), иначе все знакоместа сдвигаются влево, при этом информация первого знакоместа пропадает, а информация последнего знакоместа становится копией предпоследнего. В этом и состоит "баг". Здесь необходимо добавить, что вначале передаётся бит точки, затем бит "галочки" и далее — семь битов сегментов цифры. Передача битов знакомест осуществляется задом наперёд или, другими словами, последние переданные девять бит соответствуют первому (левому) знакоместу на ЖКИ, если точки и "галочки" располагаются снизу.

При программировании чтения по SPI из BMP280 автор также обнаружил

Окончание.
Начало см. в "Радио", 2022, № 8

Таблица 2

```
void outspi(uint8_t byte) {
SPI0DAT = byte; // Вывод байта по SPI
while (!SPI0CN0_SPIF); // Ожидание окончания вывода байта
SPI0CN0_SPIF = 0; // Сброс флага окончания передачи.
}
```

Таблица 3

```
uint8_t inspi() {
uint8_t byte;
SPI0DAT = 0xff; // Вывод фиктивного байта.
while (!SPI0CN0_SPIF);// Ожидание окончания ввода байта.
SPI0CN0_SPIF = 0; // Сброс флага окончания приема.
byte = SPI0DAT; // Ввод байта в микроконтроллер
return (byte);
}
```

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

"баг". Он состоит в том, что при чтении идентификационного номера (ID) и калибровочных коэффициентов используется стандартная процедура чтения по SPI, а при чтении данных АЦП эта процедура даёт неадекватные значения. Для объяснения этого эффекта и снятия этого "бага" сделаем некоторое отступление по поводу стандартных протоколов чтения и записи по SPI.

Для того чтобы записать байт по SPI, требуется записать его в регистр SPI0DAT, дождаться установки бита (флага) окончания передачи (SPI0CN0_SPIF) и сбросить этот бит. Эта стандартная процедура (подпрограмма) приведена в **табл. 2**.

При чтении байта по SPI требуется записать в SPI0DAT ничего не значащий фиктивный (подставной — dummy) байт (например, 0xff), дождаться установки флага SPI0CN0_SPIF и сбросить его. Результат чтения будет в регистре SPI0DAT. Подпрограмма чтения по SPI приведена в **табл. 3**.

Возвращаясь к прерванной последовательности изложения, следует пояснить, что сама процедура чтения из области памяти BMP280 состоит в том, что вначале требуется записать байт адреса, откуда необходимо получить информацию вышеприведённой подпрограммой записи, а затем — прочитать эту информацию вышеприведённой подпрограммой чтения. Причём, если требуется прочитать несколько (два и более) подряд расположенных байтов или, другими словами, массив байтов (многократное чтение — multiple byte read), нет необходимости перед чтением каждого байта указывать его адрес. Достаточно записать адрес первого элемента массива и далее просто читать подряд столько раз, сколько элементов в массиве. Другими словами, перед чтением каждого следующего байта происходит автоматическое инкрементирование адреса.

Например, для чтения первого двухбайтного калибровочного коэффициента температуры (в справочном листке он обозначен как dig_T1), расположенного по адресам 0x88 (старший байт) и 0x89 (младший байт), необходимо вначале записать адрес старшего байта (0x88), а затем произвести двукратное чтение. В этом случае такая процедура чтения работает правильно, и к ней никаких претензий нет.

Иное дело, если требуется прочитать данные АЦП. Эти данные для давления (ADC_P) и температуры (ADC_T) расположены в памяти BMP280 также подряд, начиная с адреса 0xF7 (старший байт данных давления — press_msb). Причём каждое показание АЦП содержится в трёх байтах. Например, данные ADC_P расположены по адресам 0xF7 (старший байт), 0xF8 (средний байт — press_lsb) и 0xF9 (младший байт — press_xlsb). Далее идут данные ADC_T. Таким образом, два показания занимают 2×3 = 6 байт. Если требуется прочитать подряд все шесть байтов, то, применив вышеприведённую процедуру многократного чтения, вначале следует записать в BMP280 адрес первого элемента этого массива, т. е. 0xF7, а затем осуществить шестикратное чтение. Однако в этом случае получится полная белиберда. В чём же здесь дело? Как выяснил автор, при записи адреса 0xF7 вышеприведённой подпрограммой записи байта и последующего чтения байта вышеприведённой подпрограммой чтения будет произведена операция чтения не с адреса 0xF7, а со следующего адреса — 0xF8. Другими словами, после записи адреса 0xF7 в регистр SPI0DAT сразу же запишется содержимое 0xF7, а при последующем чтении после записи фиктивного байта в SPI0DAT запишется содержимое уже следующего байта, т. е. после записи адреса происходит его автоматическое инкрементирование, и, таким образом, содержимое регистра 0xF7 теряется.

Решение этой проблемы можно осуществить двумя способами. Первый способ — после выполнения подпрограммы записи адреса 0xF7 сразу же прочитать содержимое SPI0DAT (это и будет содержимое адреса 0xF7), а затем уже осуществить чтение подпрограммой чтения, в результате чего получим содержимое адреса 0xF8, и далее прочитать остальные байты стандартным образом.

Второй способ состоит в том, что вначале следует записать подпрограммой записи не адрес 0xF7, а адрес на единицу меньше, т. е. адрес 0xF6, а затем уже прочитать все шесть байтов. Оба способа, как выяснилось, работают, однако второй, по мнению автора, более предпочтителен, поскольку он позволяет воспользоваться стандартными подпрограммами чтения и записи по SPI. В **табл. 4** приведён фрагмент основной программы, где показано, как это сделать. Во-первых, вначале следует установить совмещение (объединение) четырёхбайтного числа (uint32_t dw) с массивом из четырёх однобайтных чисел (uint8_t b[3]) с четырьмя элементами b[0], b[1], b[2] и b[3]. Это совмещение требуется, чтобы, с одной стороны, иметь возможность работы с четырёхбайтным числом (ADC_P) для расчётов давления по формулам, приведённым в справочном листке с учётом калибровочных коэффициентов, с другой — производить однобайтное чтение по интерфейсу SPI, а он, как известно, однобайтный. Такое совмещение приводит к тому, что массив из четырёх однобайтных чисел b[3] и одно четырёхбайтное число dw перераспределяют одно и то же место в памяти. Другими словами, массив b[3] строго определяет число dw, и, наоборот, dw строго определяет массив b[3].

Таблица 4

```
union {
uint8_t b[3];
uint32_t dw;
}ret;
```

Таблица 5

```
ret.b[3] = 0x00;
outspi(BME280_REG_PRESS_MSB - 1); //адрес 0xF6
ret.b[2] = inspi(); //содержимое 0xF7
ret.b[1] = inspi(); //содержимое 0xF8
ret.b[0] = inspi(); //содержимое 0xF9
adc_P = (ret.dw >> 4) & 0xFFFFF;
.
.
.
```



Рис. 2

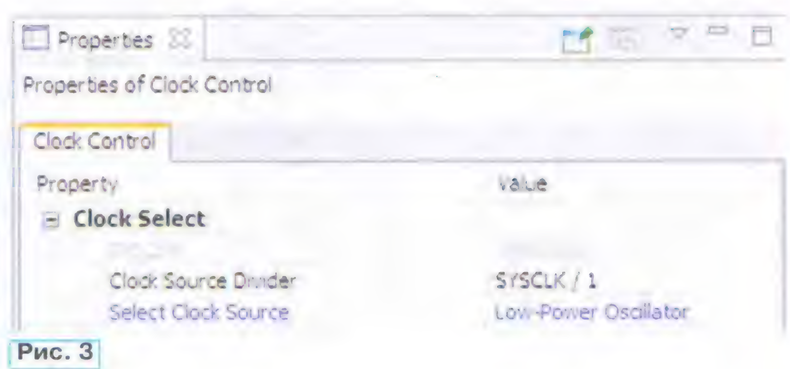


Рис. 3

В **табл. 5** приведён фрагмент основной программы, в котором осуществляется чтение, начиная с адреса 0xF6 (BMP280_REG_PRESS_MSB – 1), т. е. на единицу меньше адреса старше-

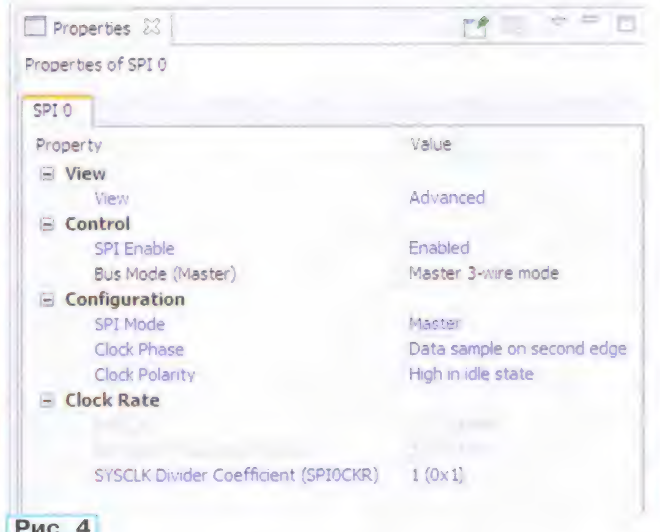


Рис. 4

Properties

Properties of PMU

PMU

Property	Value
Power Control	
Select Power Mode	Normal
Power Management Configuration	
Disable POR Supply Monitor	Enabled
Enable Buffered RTC Output	Disabled
Wake-up Configuration	
Enable Capacitive Sense Wake-up Sourc	Not set
Enable Comparator 0 Wake-up Source	Not set
Enable Port Match Wake-up Source	Not set
Enable RTC Alarm Wake-up Source	Set
Enable RTC Oscillator Fail Wake-up Sour	Not set
Enable Wake-up Request Output	Disabled

Рис. 5

го байта давления, поскольку в начале программы установлена директива **#define BMP280_REG_PRESS_MSB 0xF7**. Самый старший элемент массива (ret.b[3]) не используется, поэтому он должен быть обнулён.

Таким образом, прочитав все три байта, можно получить правильные данные АЦП (adc_P) из числа ret.dw. Остальные три байта для температуры читаются аналогично.

Перейдём теперь к настройке МК или инициализации всех его устройств. Эта процедура намного проще написания программы на C51, однако именно она определяет полное функционирование всего МК. Инициализация осуществляется в среде Simplisty Studio v.4 в специальном режиме конфигурации.

В общем меню конфигуратора (**рис. 2**) в настройке нуждаются только те устройства, которые отмечены "галочками", остальные устройства по умолчанию отключены.

При нажатии соответствующей кнопки в меню справа будет отражаться окно, в котором нужно выбрать те или иные параметры. При нажатии на кнопку Clock Control необходимо выбрать Low Power Oscillator и установить делитель для системной тактовой частоты в единицу SYSCLK/1. При этом значение частоты для SYSCLK установится на 20 МГц (или 20000000 Гц, **рис. 3**). В настройках для SPI (**рис. 4**) необходимо разрешить работу SPI (Enabled), установить трёхпроводный режим Master (Master 3-wire mode), установить фазу (Clock Phase) и по-

Properties of RTC

RTC

Property	Value
RTC Control	
Enable RTC Oscillator	Enabled
RTC Timer Run Control	Start
RTC Timer Init Value	0 (0x0)
RTC Configuration	
RTC Oscillator Selection	Internal Low Frequency
Enable Missing RTC Detector	Disabled
Enable RTC Oscillator Automatic Gain Co	Disabled
RTC Alarm	
Enable RTC Alarm	Enabled
Enable Alarm Auto-reset	Enabled
RTC Oscillator Frequency	16384 (0x4000)
Target Alarm Period Units	minutes
Alarm Programmed Value	10000000 (0x989680)

Рис. 6

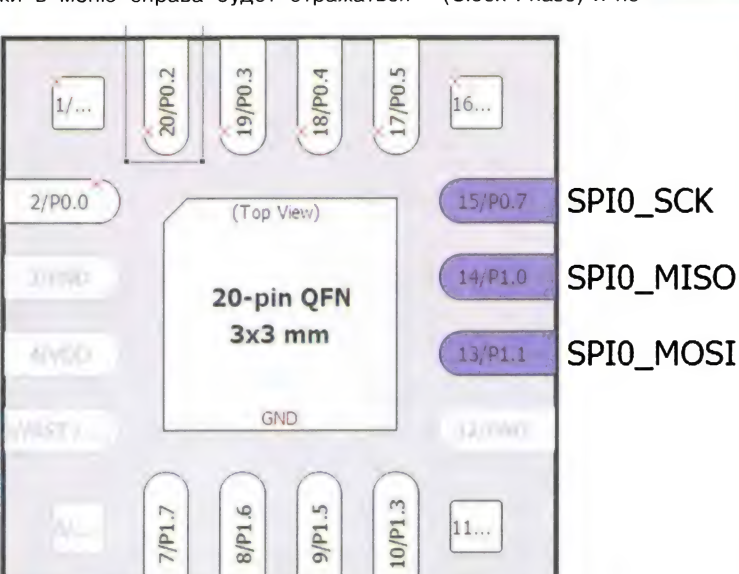
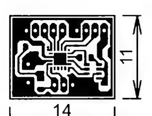


Рис. 7





лярность (Clock Polarity), а также выбрать скорость работы, т. е. в нашем случае выбрать коэффициент деления SYSCLK (SPI0CKR) равным единице. В этом случае частота импульсов SCK установится равной 5 МГц. В опциях Interrupts, Supply Monitor и Voltage Regulators необходимо установить запрет (в связи с простотой подробности не показаны). Нажав на кнопку PMU, необходимо выбрать разрешение выхода из sleep-режима по тревожному сигналу от таймера RTC (Enable RTC alarm Wake-up Source), отмеченное синим цветом на **рис. 5**. Это очень важный момент. Если этого не сделать, то после входа в sleep-режим программа "зависнет". И последнее, что необходимо сделать, — это настроить параметры работы RTC в соответствии с **рис. 6**. Здесь надо добавить, что при работе счётчика RTC от внутреннего микромощного НЧ-генератора LFOSC0 частотой 16,4 кГц этот счётчик будет считать каждый поступивший импульс не нулевым, а первым битом или, другими словами, содержимое RTC будет увеличиваться на единицу так, как будто к RTC подключён кварцевый резонатор частотой 32 кГц. То есть RTC будет считать в два раза быстрее. Поэтому, выбрав программированное значение тревожного сигнала для RTC (Alarm Programmed Value), равное 10000000, которое соответствует периоду в десять минут (Actual Alarm Period — предпоследняя строчка в окне рис. 6), получим, что этот период на самом деле будет равен пяти минутам. Также необходимо разрешить сам тревожный сигнал от RTC (Enable RTC Alarm) и авто-ресет RTC по alarm (Enable Alarm Auto-reset). Опция авторесет автоматически обнуляет содержимое таймера RTC по достижению максимального значения (пять минут),



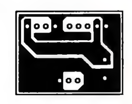


Рис. 8

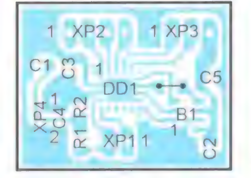


Рис. 9

Таблица 6

```
Program Size: data=105.1 xdata=0 const=0 code=4222
LX51 RUN COMPLETE. 0 WARNING(S), 0 ERROR(S)
Finished building target: EFM8SB10F8G-A-QFN20_3.omf
```



Рис. 10

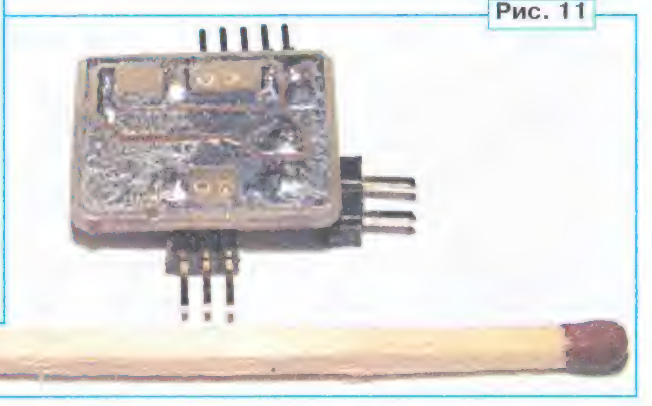


Рис. 11

т. е. RTC не останавливается, а продолжает работу с начала. Кроме того, необходимо разрешить работу RTC (Enable RTC oscillator) и запустить его (RTC Timer Run Control — Start).

Далее необходимо перейти в режим настройки портов (Default Mode PortI/O). На экран выведется корпус МК с портами (**рис. 7**). Опциями skip (пропуск) необходимо "передвинуть" порты интерфейса SPI (SPI0_SCK, SPI0_MISO и SPI0_MOSI) в правую часть корпуса, чтобы их легче было соединить с BMP280 так, как это показано на схеме рис. 1. "Пропущенные" порты отмечены красными крестиками. Порты P0.1, P0.2 и P0.3, подключаемые к ЖКИ, следует настроить как цифровые выходы (Digital Push-Pull Output) со слабым токовым выходом (Low drive). При этой опции потребление тока портом существенно снижено. Для наглядности в правой части рис. 7 показана конфигурация порта P0.2, отмеченного на корпусе (слева сверху) чёрным прямоугольником. Порты SPI P0.7 (SPI0_SCK), P1.1 (SPI0_MOSI) и порт P1.2 (выв. 11, CSB) также следует настроить как Digital Push-Pull Output, а порт P1.0 (SPI0_MISO) — как цифровой вход (Digital OpenDrain I/O), т. е. выход с открытым стоком и со слаботоковой подтяжкой (Pull-ups Enabled).

После того как произведена настройка (конфигурация) всех устройств МК, необходимо нажать на кнопку с двойной дискетой в левой верхней строке меню всего экрана, чтобы записать эту конфигурацию на диск.

При этом на C51 сгенерируется текст программы инициализации устройств InitDevice.c (чтобы написать её вручную, да ещё без ошибок, а это несколько страниц текста на C51, уйдёт не один день), к которой будет обращение из основной программы в самом начале её работы. После этого основную программу необходимо оттранслировать, выбрав в меню экрана опцию Project и в открывшемся окне — подопцию Build Project. После трансляции создастся файл EFM8SB10F8G-A-QFN20_3.hex, о котором уже упоминалось выше, а в нижней части экрана в специальном окне, отражающем результат трансляции, будет сообщение, показанное в **табл. 6**.

Из этого сообщения следует, что программа использует почти всю внутреннюю оперативную память (data=105,1 байт), размер которой 128 байт, внешняя дополнительная оперативная память с косвенной адресацией размером 512 байт не используется (xdata=0), а размер кодовой части программы составляет около 4 кБ (code=4222), т. е. в два раза меньше максимального размера программной памяти для этого МК, равного 8 кБ.

Разводка платы сделана автором с помощью программы SprintLayOut v.6, файл разводки в формате *.lay6 приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Плата изготовлена из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 8**, а расположение элементов в масштабе 2:1 — на **рис. 9**. Из рисунков можно заключить, что её разводка очень проста, а сама плата миниатюрна, размеры всего 11×14 мм. Здесь следует добавить, что при программировании МК с помощью USB DEBUG адаптера по интерфейсу C2 припаивать разъём XP3 для его программирования с помощью COM-порта компьютера не обязательно. В этом случае в отверстия контактов общего провода и питания (+3 В) этого разъёма необходимо вставить тонкий лужёный медный провод и пропаять его с двух сторон платы, как это видно на **рис. 10**. Для оценки масштаба (размеров) платы рядом с ней положена обычная спичка (**рис. 11**).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

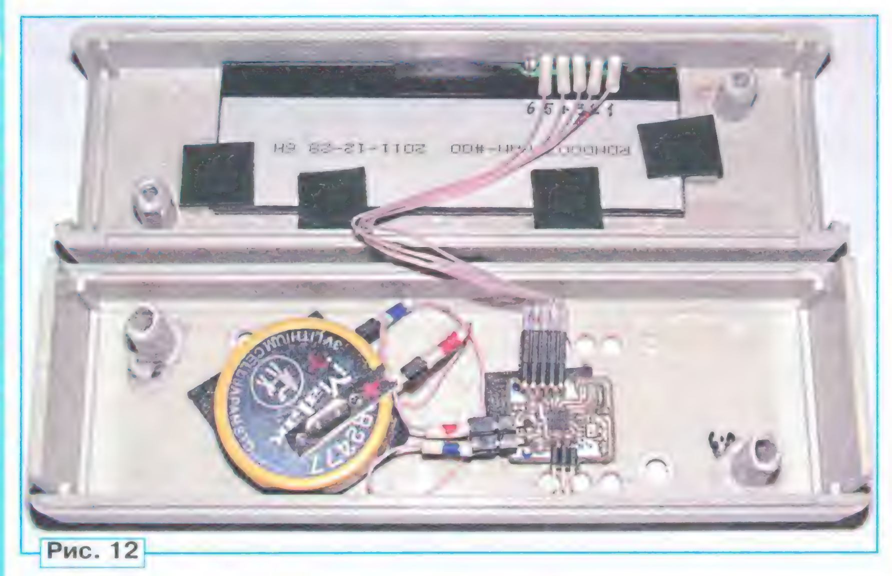


Рис. 12

Прибор собран в корпусе размерами 114×35,7×25,8 мм (G535G Gainta). Все стойки, установленные на внутренних поверхностях двух половин корпуса, были удалены, а стойки, предназначенные для свинчивания половин корпуса саморезами, были переклеены в места ближе к боковым стенкам, чтобы они не мешали установке ЖКИ, элемента питания и платы. Для чтения показаний ЖКИ на лицевой половине корпуса было прорезано окно. ЖКИ закреплён на внутренней поверхности этой половины корпуса. К этой поверхности приклеены пластиковые прямоугольные пластины по размеру дисплея, к которым он приклеен полосками, вырезанными из пористой ленты с двусторонним липким слоем. К внутренней поверхности второй половины корпуса такой же лентой приклеены элемент питания и плата. Для доступа воздуха к плате в этой же половине корпуса просверлены шесть отверстий, они хорошо заметны на **рис. 12**. На лицевую поверхность корпуса наклеены полоски бумаги с напечатанными словами "Давление [redacted] ⊠ символами "мм рт. ст." и "°C" (**рис. 13**).



Рис. 13

Для проверки правильности показаний устройства автор использовал достаточно "древний" прибор БМ-2, которому уже более 40 лет и который работает до сих пор (**рис. 14**). Правда, около 10 лет назад БМ-2 был откалиброван с помощью прецизионного анероида и прецизионного гигрометра. Как следует из сравнения показаний двух приборов, они показывают приблизительно одинаковые давления (754 мм рт. ст.) и обведённое жёлтым овалом место расположения стрелки, показывающей давление БМ-2 (левее риски 755). Что касается температуры, то оба прибора показывают приблизительно одинаковые значения (26 °C у настоящего прибора) и конец красной полоски подкрашенного спирта (обведённое синим овалом) у градусника БМ-2 (между рисками 26 и 27).



Рис. 14

Для проверки показаний прибора при отрицательных температурах он был помещён в морозилку холодильника приблизительно на полчаса, куда был также помещён уличный термометр, так как БМ-2 для этого непригоден, поскольку показывает только положительные значения температуры. Как можно заметить из **рис. 15**, оба прибора показали практически одинаковые значения температуры: 12 °C у настоящего прибора и обведённое синим овалом положение стрелки рядом с риской 12 °C.

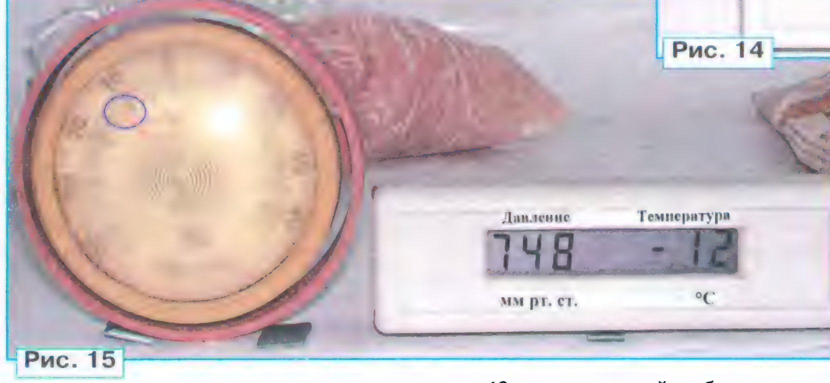


Рис. 15

Применение МК EFM8SB10 и сопряжённого с ним по интерфейсу SPI MEMS-датчика BMP280, потребляющих доли микроампера в состоянии сна (sleep-режим), совместно с восьмиразрядным семисегментным ЖКИ RDN0007-PAN-#00 позволили сконструировать простой и недорогой прибор, измеряющий атмосферное давление и температуру с обновлением информации раз в пять минут. Сверхнизкое энергопотребление дало возможность непрерывной работы прибора в течение, как минимум, пяти лет при питании от небольшого литиевого элемента CR2477.

***От редакции**. Файл для программирования микроконтроллера и чертёж печатной платы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/bar-termo.zip** на нашем ftp-сервере.*

Двухрежимный регулятор температуры на микроконтроллере

В. АФОНИН, пос. Стрельна, Санкт-Петербург

Регулятор температуры, описание которого приводится далее, может управлять нагревателем или охладителем через нормально разомкнутые контакты реле. Такой регулятор можно использовать в теплице для поддержания оптимальной температуры, при низких температурах на улице — в режиме нагрева, а при высоких — в режиме охлаждения.

Схема регулятора показана на **рис. 1**. Режим работы устройства задаётся с помощью перемычки S1. Без перемычки регулятор при снижении температуры до нижнего порога включает нагреватель и выключает его, когда температура достигнет верхнего порога. Когда перемычка установлена, регулятор при повышении температуры до верхнего порога включает охладитель (например, вентилятор) и выключает его, когда температура опустится до нижнего порога. Пороги срабатывания регулятора устанавливают в программе до её загрузки в микроконтроллер DD2.

Питание регулятора осуществляется от сети 230 В через гасящий конденсатор C7 и токоограничивающий резистор R6. Стабилитроны VD2 и VD3 ограничивают напряжение до 24 В для питания реле K1, а со стабилитрона VD3 снимается напряжение питания на стабилизатор напряжения DA1 (5 В), от которого питается микроконтроллер.

Для снижения потребляемой мощности при включённом реле использован гасящий резистор R5. Для включения реле необходим номинальный ток, а удержание реле происходит при меньшем токе. В момент включения реле номинальный ток обеспечивает конденсатор C3, а после срабатывания реле тока через резистор R5 хватает для удержания реле во включённом состоянии. Схема была промоделирована в бесплатной программе LTSpice [1] (файл TR.asc), а затем собрана в "железе". На диаграмме (**рис. 2**) видно, что после срабатывания реле на нём остаётся напряжение около 12 В и ток через него протекает около 9 мА, что достаточно для удержания.

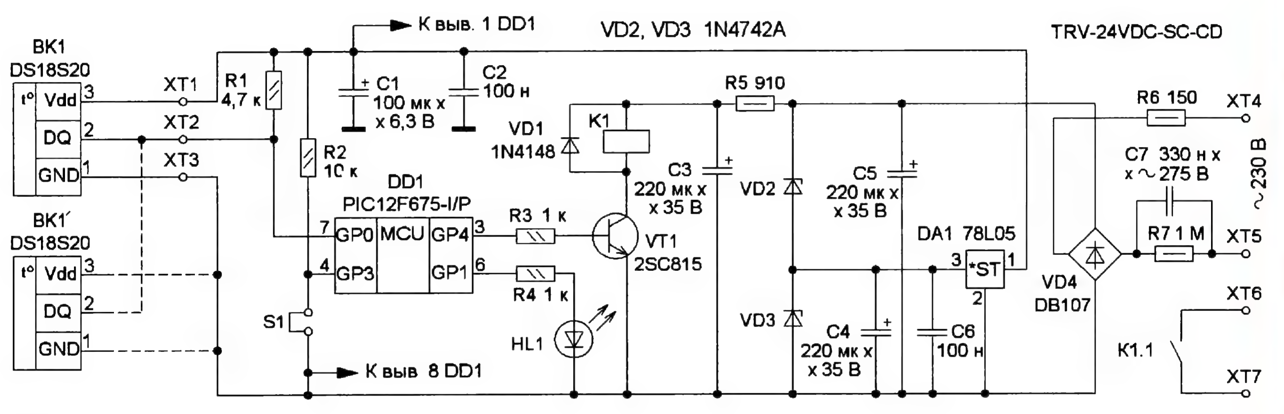


Рис. 1

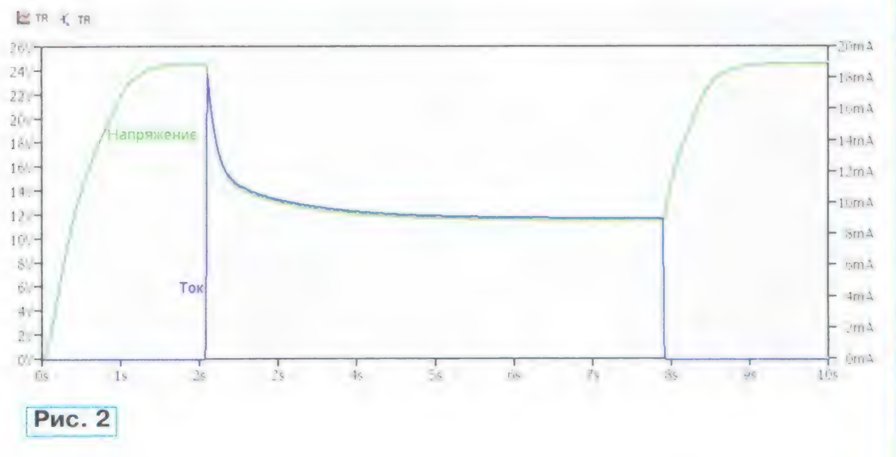


Рис. 2

По паспорту [2] у этого реле минимальный ток срабатывания составляет 80 % от номинального, т. е. 14 мА, а время срабатывания — 10 мс. По диаграмме (рис. 2) можно определить, что при ёмкости конденсатора C3 220 мкФ время, за которое ток через реле уменьшается с 18 до 14 мА, составляет 104 мс.

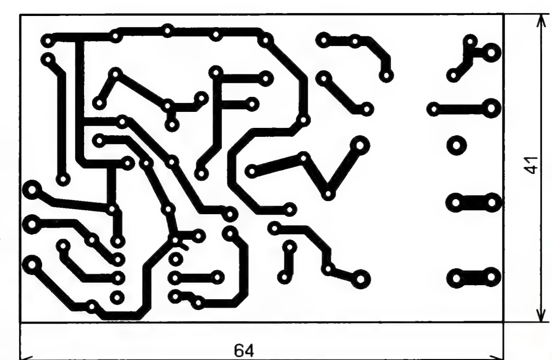
Проведённые эксперименты показали, что ток отпускания этого реле составляет 5 мА, а для срабатывания реле достаточно ёмкости конденсатора C3 100 мкФ, и сопротивление резистора R5 можно увеличить до 1,5 кОм. Для надёжности я ограничился сопротивлением резистора R5 в 910 Ом и конденсатором C3 ёмкостью 220 мкФ.

Светодиод HL1 сигнализирует о включённом реле короткими вспышками при нагреве и длинными при охлаждении. В программе предусмотрен контроль целостности цепи датчика температуры с сигнализацией светодиодом. При коротком замыкании в цепи датчика следует серия из пяти длинных вспышек с небольшой паузой, а при обрыве — серия из пяти коротких вспышек с небольшой паузой и выключением реле.

Датчик температуры DS18S20 можно подключить как по двухпроводной схеме (DD1') в режиме "паразитного" питания, так и по трёхпроводной (DD1). Для этого нужно в подпрограмме **termo.c** раскомментировать две строки про полное питание. При этом на датчик будет подаваться полное питание на время преобразования температуры в код.

Элементы регулятора смонтированы на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 3**. В устройстве применено реле TRV-24VDC-SC-CD [2] с номинальным напряжением 24 В и сопротивлением катушки 1280 Ом, его можно заменить аналогичным реле серии TRJ. Транзистор 2SC815 можно заменить любым транзистором серии КТ315 или КТ3102. Стабилитроны VD2, VD3 должны быть на напряжение стабилизации 12 В и мощностью рассеивания не менее 1 Вт. Конденсатор C7 — импортный, рассчитанный на работу на переменном напряжении не менее 275 В или К73-17 с номинальным напряжением не менее 630 В, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — керамические К10-17 или импортные, резисторы — МЛТ, С2-23.

Программа для микроконтроллера написана в бесплатном варианте MikroC Pro, проект для микроконтроллера PIC12F675 — файл **TR.zip**. Загрузить версию MikroC Pro 6.6.3 можно по адресу <**https://download.mikroe.com/setups/compilers/mikroc/pic/mikroc-pic-setup-v663.zip**>.



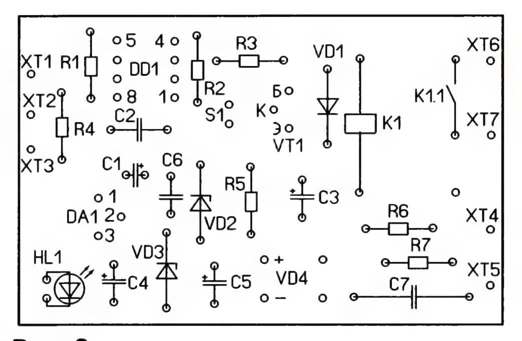


Рис. 3

ВНИМАНИЕ! *При работе с регулятором необходимо соблюдать меры предосторожности, потому что датчик температуры находится под потенциалом сети 230 В.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Симулятор LTspice XVII. — URL: **http://kazus.ru/forums/showthread.php?t=113392** (27.04.22).

2. TRV-24VDC-SC-CD. — URL: **https://www.electronshik.ru/item/TS/TRV-24VDC-SC-CD-R** (27.04.22).

От редакции. *Файлы для программирования микроконтроллера и чертёж печатной платы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/regul.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC, STM8 и др.

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm

т. +7-912-619-5167

Симисторный регулятор яркости светодиодных ламп

А. КОРНЕВ, г. Одесса, Украина

Симисторные регуляторы (ещё их нередко называют диммеры) являются наиболее распространённым и простым видом регулирования яркости в лампах накаливания. Светодиодные светильники тоже могут регулироваться с помощью симисторных диммеров, но только в том случае, если они оборудованы драйверами, поддерживающими такое регулирование.

Предлагаю симисторный регулятор яркости светодиодных ламп с дистанционным управлением. В светильнике применены 15-ваттные LED-лампы AR111-UNIT [1] (**рис. 1**). Схема светильника изображена на **рис. 2**. В основе устройства — специализированная микросхема диммера HT7700A [2] с кнопочной регулировкой яркости на входе KEY. Кратковременное нажатие на кнопку, подключённую к этому входу, второй вывод которой соединён с общим проводом, поочерёдно приводит к включению и выключению лампы. Когда кнопка нажата и удерживается дольше 0,7 с, яркость свечения лампы будет плавно уменьшаться. Если кнопку не отпускать, лампа выключится. Питание +9 В для микросхем DA1, DA2 и DD1 обеспечивает параметрический стабилизатор R5, VD2 и VD1. Импульсы с выхода TRIG, которые открывают симистор, управляющий нагрузкой — светодиодными лампами EL1—EL3, дифференцируются цепочкой C7R7. Постоянная времени этой цепи выбрана так, чтобы открывание симистора происходило во время длительности каждой полуволны синусоиды сетевого напряжения. Устройство, управляющее лампами, выполнено так, чтобы минимизировать помехи, вызванные его работой. Микросхема HT7700 работает



Рис. 1

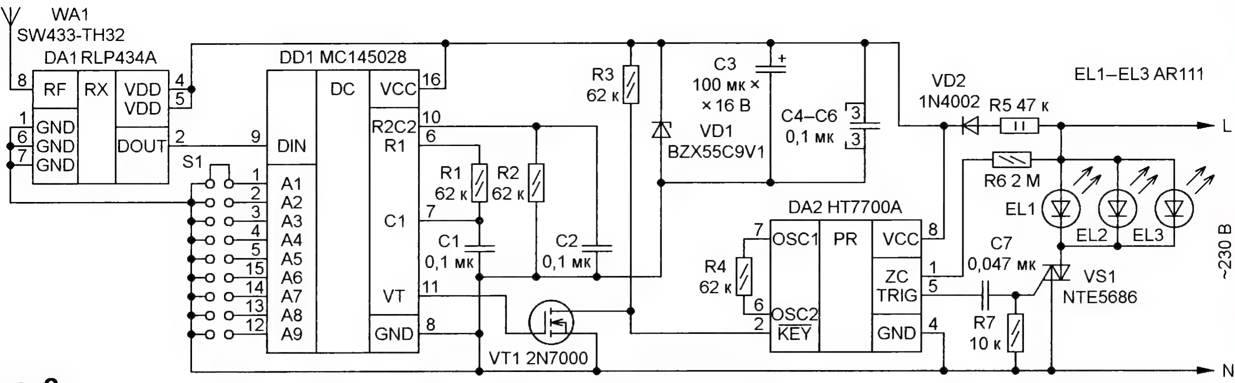


Рис. 2

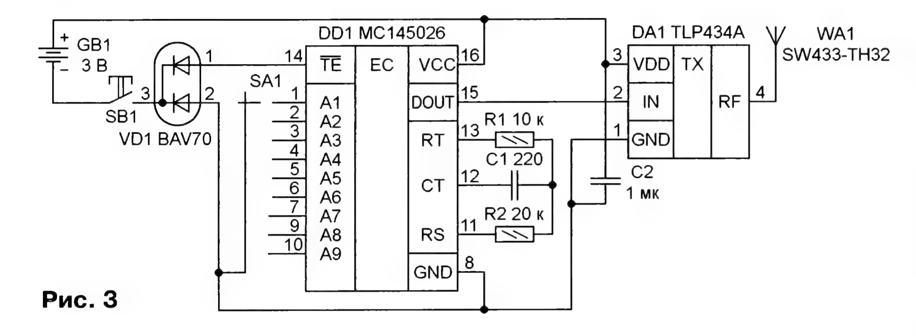


Рис. 3

по заданному алгоритму, работой которого управляет внутренний контроллер. Он тактируется прямоугольными импульсами, частота которых определяется сопротивлением резистора R4.

В дистанционном управлении (ДУ) применяются кодирующие микросхемы MC145026 и MC145028, соответственно кодер и декодер. В технической документации на эти микросхемы [3] очень подробно описан алгоритм их работы, приведены схемы включения и технические параметры, формулы для расчёта частотозадающих элементов. Для указанных на схеме номиналов частотозадающих элементов частота передачи данных — 181 кГц. Перемычкой S1 задают адрес светильника в приёмной части ДУ, а в передатчике (пульте управления) адрес задают переключателем SA1. В ДУ используется девять адресов светильников. Но адресов может быть гораздо больше, а именно $3^9 = 19683$ [3].

Схема пульта ДУ изображена на **рис. 3**. Питание пульта осуществляется от двух гальванических элементов типоразмера AA. Питание подаётся только на время нажатия на кнопку управления SB1, поэтому пульт очень экономичен.

ДУ осуществляется по радиоканалу на частоте 433,92 МГц с применением гибридных микросхем TLP434A и RLP434A, соответственно передатчика и приёмника. Симистор NTE5686 (VS1) позволяет коммутировать нагрузку мощностью до 60 Вт.

В пульте ДУ применены резисторы и конденсаторы для поверхностного монтажа, микросхема MC145026 (DD1) — в корпусе SOG, диодная сборка BAV70 (VD1) — в корпусе SOT23.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лампа AR111-UNIT-GU10-15W-DIM Warm3000 (WH, 24 deg, 230V) (Arlight, Металл). — URL: **https://arlight.ru/catalog/product/lampa-ar111-unit-gu10-15w-dim-warm3000-wh-24-deg-230v-arlight-metall-026867/** (20.05.22).

2. HT7700 Key & Touch Linear Dimmer. — URL: **https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/64479/HOLTEK/HT7700A.html** (20.05.22).

3. MC145026, MC145027, MC145028 Encoder and Decoder Pairs CMOS. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/030/DOC001030036.pdf** (20.05.22).

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Большое поступление импортных компонентов для ремонта старой электронной техники!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Промокод: **ОСЕНЬ**, скидка 5 %.

Акустический выключатель на микросхеме

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской обл.

Акустический выключатель, описание которого приводится ниже, содержит приёмник звукового сигнала (микрофон), усилитель звуковой частоты на транзисторах, одновибратор, триггер-защёлку, усилитель мощности выходного сигнала триггера и реле, коммутирующее цепь питания нагрузки.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Основной элемент акустического выключателя — микросхема К561ТМ2 (импортный аналог — CD4013B), которая содержит два D-триггера, часто называемых триггером-защёлкой. Звуковой сигнал принимается электретным микрофоном BM1, который преобразует его в электрический. Усилитель звуковой частоты на транзисторах VT1 и VT2 увеличивает амплитуду сигнала до уровня, необходимого для работы одновибратора, реализованного на первом D-триггере DD1.1. Осциллограммы сигналов в усилителе показаны на **рис. 2**, канал 1 — коллектор транзистора VT1, канал 2 — коллектор транзистора VT2.

Запуск одновибратора производится положительным перепадом сигнала на коллекторе транзистора VT2, при этом и на выходе триггера DD1.1 формируется одиночный импульс, необходимый для работы второго D-триггера DD1.2. Одновибратор обеспечивает чёткую работу устройства. Осциллограммы, показанные на **рис. 3**, демонстрируют прохождение сигнала с выхода одновибратора до

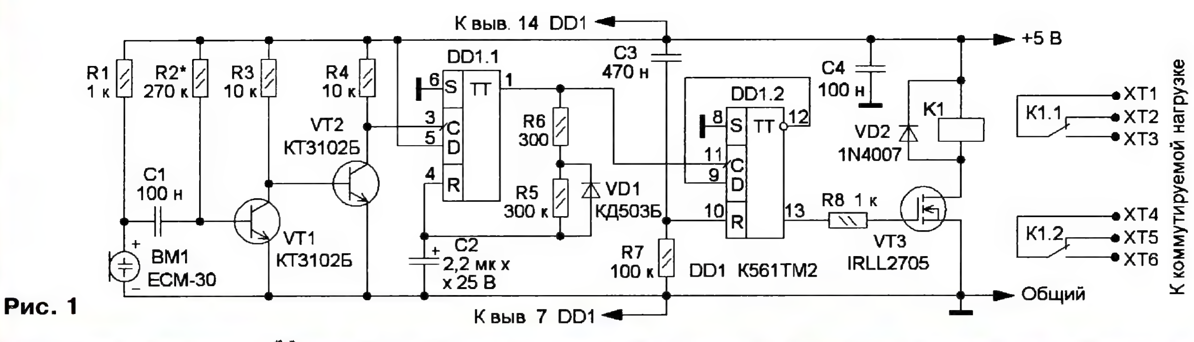


Рис. 1

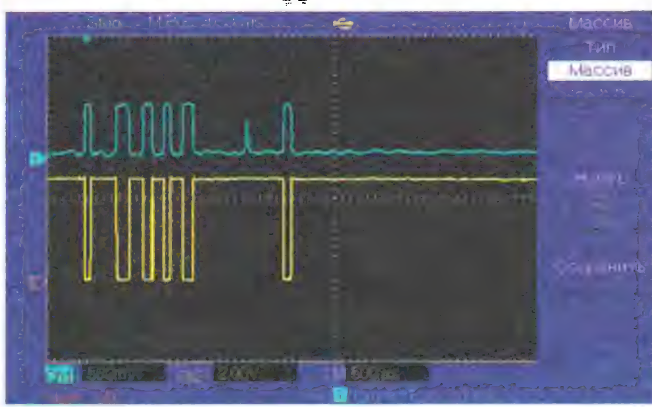


Рис. 2

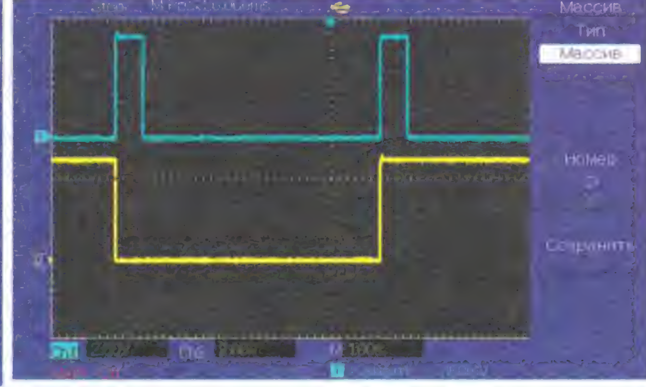


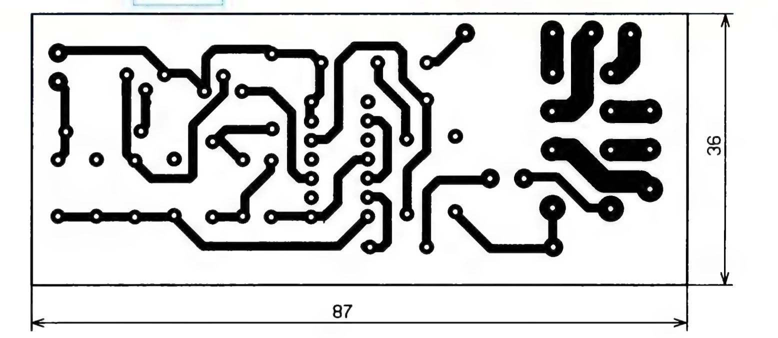
Рис. 3

выхода триггера DD1.2. Канал 1 — сигнал на выходе одновибратора (вывод 1 DD1.1), канал 2 — сигнал на выходе триггера DD1.2 (вывод 13).

Цепь R7C3 устанавливает триггер DD1.2 в исходное состояние — низкий логический уровень на выводе 13 при включении питания. При пропадании сетевого напряжения и его последующего включения исключается включение нагрузки. Нагрузочная способность КМОП-микросхем мала, поэтому в схеме присутствует усилитель мощности на полевом транзисторе VT3, управляющий электромагнитным реле K1, которое своими контактами K1.1 и K1.2 коммутирует цепь питания нагрузки. Для питания акустического выключателя использована плата от зарядного устройства для мобильных телефонов с выходным стабилизированным напряжением 5 В.

В устройстве применены резисторы С1-4, С2-23, оксидный конденсатор С2 — серии К53-1, остальные — неполярные серий К73, К10-17а, КМ-6, диоды могут быть любыми маломощными выпрямительными или импульсными, биполярные транзисторы — любые серии КТ3102, реле — V23105A5001A201 (номинальное напряжение обмотки — 5 В).

Плата изготовлена из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж платы и схема размещения на ней элементов показаны на **рис. 4**. Контакты реле, переключающий и нормально разомкнутый, подключают в разрыв цепи питания нагрузки, к примеру, настольной лампы. Устройство длительное время находится под напряжением сети, поэтому в цепь питания



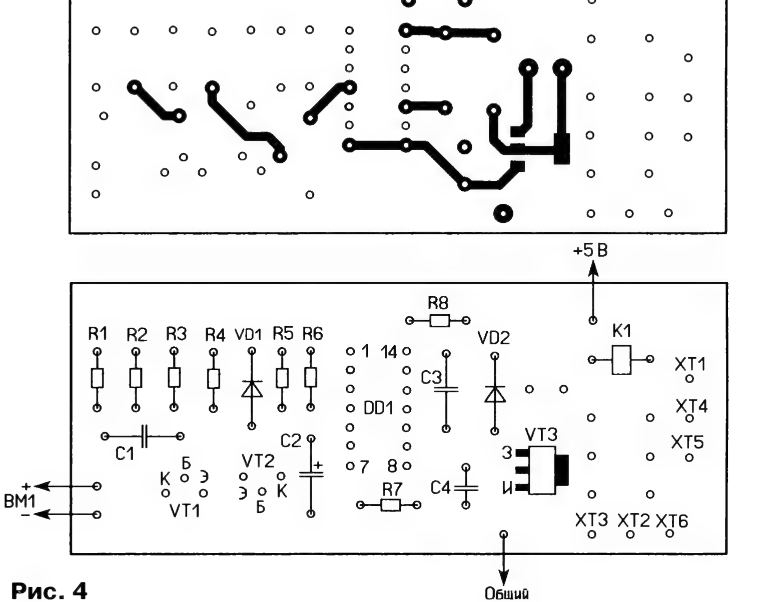


Рис. 4

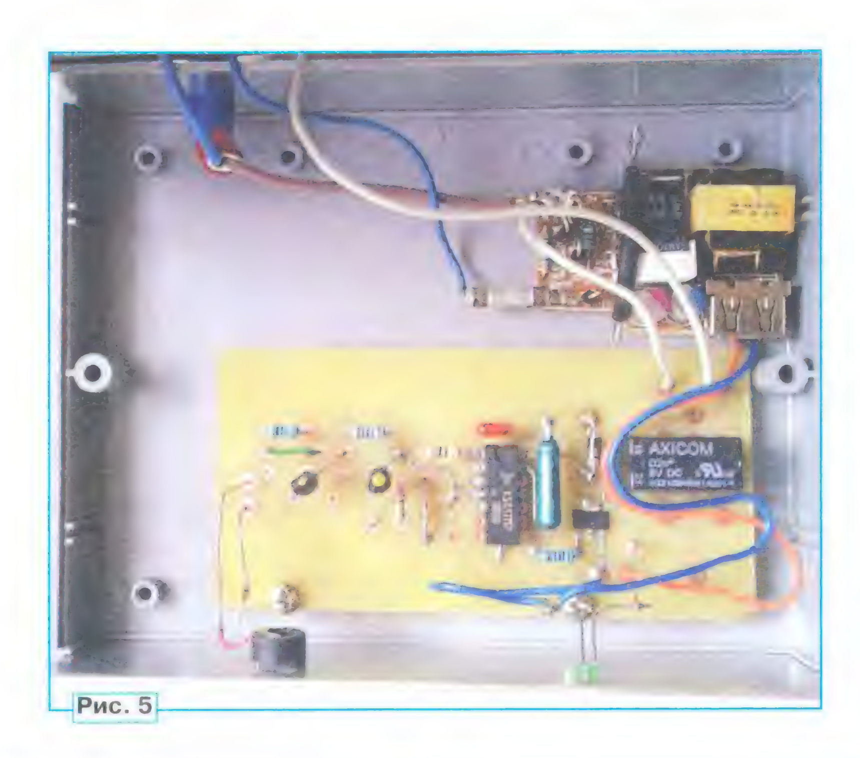


Рис. 5

платы от зарядного устройства (или иного блока питания) необходимо включить плавкую вставку на ток 0,25—0,5 А.

При необходимости чувствительность акустического выключателя к звуковым сигналам регулируется подборкой сопротивления резистора R2.

Все элементы устройства размещены в пластмассовом корпусе подходящего размера. Для микрофона в передней стенке корпуса сделано отверстие для прохождения звуковых волн. Для кабеля питания также сделано отверстие, а для подключения нагрузки на стенке можно установить соответствующее гнездо. Если блок питания снабжён индикаторным светодиодом, его также можно перенести на переднюю стенку корпуса. Размещение элементов в корпусе устройства показано на **рис. 5**. Здесь применена макетная плата устройства.

***От редакции**. Чертёж печатной платы устройства находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/akust.zip** на нашем FTP-сервере.*

История электронных музыкальных инструментов

Часть 3. Магнитофон и электронная музыка

Э. ЭЛИНС, г. Москва

Если современного молодого человека или девушку спросить, что такое магнитофон, то ответ, вероятно, будет таким: "Громоздкий агрегат, на котором мои родители в детстве слушали музыку. Такие устройства давно вышли из употребления". Что ж, в известном смысле это верно. Катушечный магнитофон как устройство записи и воспроизведения звука знаком (хотя бы по рассказам родителей) каждому. Но не все знают, что магнитофон в середине XX века широко применялся как средство создания музыкальной композиции. "Вы, наверное, шутите?" — не поверит непосвящённый читатель. Тем не менее, это было так. Причём не только "было", но есть и сейчас — в новой, цифровой форме, т. е. в виде компьютерных программ, в которых можно записывать звуки, организовывать их в различные последовательности, изменять скорость воспроизведения тех или иных фрагментов, производить прочие манипуляции и создавать тем самым звуковые коллажи и музыкальные композиции. Все эти действия первоначально позволял делать катушечный магнитофон.

Многие музыковеды отмечают непосредственную связь современной электронной музыки с электроакустическими экспериментальными композициями предшествующих десятилетий, когда были заложены основы творческих и технических приёмов. Не будь этих основ, рождение жанра "электронная музыка" в нынешнем понимании вряд ли бы состоялось.

Магнитофон как средство создания музыкальной композиции в короткий срок дал миру такое множество понятий, как "организованный звук", "конкретная музыка", "электронная музыка", "электроакустическая композиция", tape music ("магнитофонная музыка" или "музыка в магнитофонной записи" как жанр). Опираясь на художественные концепции своего времени и смело развивая их, экспериментируя с новой техникой, изобретая новые приёмы, композиторы, творившие в период с конца сороковых до конца шестидесятых годов, создали целые музыкальные направления в рамках созданного ими жанра. Вся эта музыка была "серьёзной", т. е. академической, звучала новаторски, порой вызывала возмущение у неподготовленных слушателей (как и положено для экспериментального искусства).

Баухаус, дадаисты, импрессионисты

В первой статье цикла (см. "Радио" № 5 за 2022 г.) упоминались художественные концепции первой половины XX века, важные для понимания того, как и почему возникла и развивалась электронная музыка. Прежде всего, это идеи итальянских футуристов, с энтузиазмом воспринявших наступление "эпохи машин" и утверждавших, что "ревущий автомобиль прекраснее, чем

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2022

РАДИО® ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Ника Самофракийская". Но были и другие.

Архитектурная и художественно-промышленная школа Баухаус (нем. Bauhaus), основанная в 1919 г. в Германии архитектором Вальтером Гропиусом, преследовала чётко сформулированный принцип: "единение искусства и техники как основа формообразования". В этом и других аспектах Баухас имеет много общего с футуризмом. Помимо них, существовала также одна группа художников — дадаисты, и эта группа впоследствии также повлияла на возникновение электронной музыки (хотя и не как художественное движение, а скорее как состояние души). Как резюмировал Андре Бретон: "Дадаизм — это художественное вольнодумство". Вольнодумство, свобода от рамок действительно пригодились композиторам, когда они взялись сочинять музыку, состоящую из синтезированных звуков и шумов. Отметим, что некоторые дадаисты сотрудничали с художниками Баухауса и футуристами. Дадаистский принцип использования коллажа, случайности и одновременности ярко проявляется в электронных музыкальных композициях Джона Кейджа, Дьёрдя Лигети и Пьера Анри.

Ещё одно важное художественное течение, которое необходимо учитывать, говоря об электронной музыке пятидесятых годов XX века, — музыкальный импрессионизм, жанр, в котором работали Эрик Сати, Клод Дебюсси и другие композиторы. Этому течению свойственно богатое гармоническое и тембровое окрашивание тем, уменьшение размера оркестра, прозрачность и тембровый контраст. Музыкальные импрессионисты писали главным образом сюитные циклы, в которых преобладало пейзажное или жанровое начало. Гармония в этих произведениях отличается резким повышением колористического, самодовлеющего компонента звука. Всё это мы увидим и в электронной музыке.

"Конкретная музыка"

Художественные концепции и технические разработки первой половины XX века неизбежно должны были привести к возникновению новых музыкальных жанров и стилей. Так и произошло. В 1944 г. Пьер Шеффер, радиоинженер, работавший на RTF (Французская общественная радиовещательная организация) в Париже, представил на суд публики свой концерт звуковых эффектов и шумов, записанных на магнитную ленту. Музыка, созданная таким способом, получила название musique concrète — "конкретная музыка".

Концерт Пьера Шеффера, основанный на звуках локомотива, назывался Etude aux Chemin de Fer ("Этюд о железной дороге"). Это короткое произведение, но оно занимает особое место в истории музыки и музыкальных технологий. Оно было абсолютно новаторским по следующим причинам: во-первых, композиция была выполнена путём использования технических средств; во-вторых, произведение можно было проигрывать любое число раз, и оно каждый раз звучало точно так же, как и при первом исполнении; в-третьих, музыкант, исполнитель не мог влиять на то, как произведение будет звучать в следующий раз; и, наконец, в-четвёртых, основные элементы произведения были "конкретными", а не "абстрактными".

Здесь необходимо пояснить, что понималось под "абстрактной" музыкой. Вплоть до середины XX века композиторы, сочиняя музыку, записывали нотную партитуру — и эти ноты можно было при желании исполнять не на том инструменте, для которого сочинение было написано, а на каком-нибудь другом. Например, пьеса для лютни могла быть исполнена на гитаре, а органное произведение — на фортепиано. Делались переложения музыкальных произведений для иного, нежели это было в оригинале, состава исполнителей. Тем самым музыка могла считаться "абстрактной", т. е. не привязанной жёстко к определённому инструменту. В противовес этому музыка, созданная на основе не нотной партитуры, а аудиозаписи звуков (реально существующих в природе или синтезированных), стала считаться "конкретной", поскольку по своей природе не подразумевала создания переложений для другого состава исполнителей.

Пьер Шеффер ввёл понятие "звукового объекта". Таковым мог стать любой звук — голос человека, шум проезжающего поезда, скрип двери, порыв ветра, вздох, фортепианные аккорды и т. д. Объект записывался, усиливался, модифицировался и путём монтажа встраивался в произведение в качестве равноправного инструмента, ведущего свою партию.

На ***рис. 1 на 2-й с. обложки*** представлен Phonogène, уникальный магнитофон с множеством магнитных голо-

Электроакустическая музыка

Электроакустическая музыка — жанр академической музыки, возникший в XX веке после того, как в композиционную практику были включены электронные методы создания и обработки звука. Термин "электроакустика" охватывает музыкальные течения, возникшие и развивавшиеся в западноевропейской и американской музыке после окончания Второй мировой войны, и применяется для обозначения экспериментальной музыки, которая, в отличие от популярных жанров, звучит авангардно, и для понимания которой слушателю требуется серьёзная теоретическая подготовка.

Первые разработки в области электроакустической музыкальной композиции велись в специализированных студиях — Группе музыкальных исследований (GRM, Groupe de Recherches Musicales) в Париже, Студии электронной музыки при Западно-Германском Радио (WDR) в Кёльне, а также в Центре электронной музыки Columbia-Princeton в Нью-Йорке (**рис. 6**). Эти студии представляли собой, с одной стороны, научно-исследовательские лаборатории, а с другой — творческие центры, куда приглашались для реализации своих идей известные композиторы. Каждая из перечисленных студий специализировалась в своей области: в GRM исследовалась "конкретная музыка" (термин, введённый П. Шеффером для обозначения музыки, создаваемой на основе записей шумов и других звуковых объектов), в кёльнской студии творил немецкий композитор Карлхайнц Штокхаузен, развивая "электронную музыку" (elektronische musik), а Отто Люнинг и Владимир Усачевский, основатели нью-йоркского Центра электронной музыки, развивали "магнитофонную" (tape music) и "компьютерную" музыку.



Рис. 6

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

вок, разработанный Жаком Пуленом (студия GRM). На ***рис. 2 на 2-й с. обложки*** — устройство задержки звука Morphophone, конструктор Жак Пулен, 1955 г.

Концепция musique concrète и те возможности, которые она открывала, привлекла серьёзных композиторов — Оливье Мессиана, Дариюса Мийо, Пьера Булеза, Карлхайнца Штокхаузена, Люка Феррари и многих других. В ближайшие несколько лет появились на свет такие значительные произведения, как Vocalises ("Вокализы") Пьера Анри, Timbres — Durées ("Длящиеся тембры") Оливье Мессиана и Etudes ("Этюды на тему звука") Пьера Булеза.

Эксперименты с голосом

Молодой французский композитор Пьер Анри, окончив Парижскую консерваторию, стал работать вместе с Шеффером в экспериментальной студии Французского радио и ТВ. "Конкретная музыка" очаровала его, и он стал одним из тех, кто полностью погрузился в этот жанр. Совместно с Шеффером Анри написал Symphonie pour un homme seul ("Симфония для одного человека", 1950 г.), также сочинял музыку для балетов, создавал фонограммы к кинофильмам, телеспектаклям, радиопостановкам и т. д.

"Вокализы" Анри являются ярким примером того, как человеческий голос используется в "конкретной музыке". Произведение начинается с короткого слога "а", и этот звук сразу же начинает модифицироваться путём всевозможных манипуляций с магнитофонной лентой: скорость воспроизведения увеличивается, и голос напоминает чириканье птиц; скорость замедляется, и звучание становится похожим на рёв. Монтаж этих фрагментов задаёт определённый ритм произведения. Использование техники наложения позволяет создать несколько голосов, взяв за основу минимальное число звуков. Пьеса звучит две с половиной минуты, но за это время в ней происходит множество аудиособытий, демонстрирующих возможности магнитофона как инструмента композиции.

Человеческий голос как источник звука был очень популярен у композиторов, работавших в жанре "конкретной музыки". Например, в 1958 г. итальянец Лучано Берио использовал фрагмент романа "Улисс" Джеймса Джойса в своей электроакустической композиции Thema (Omaggio a Joyce) ("Тема. Посвящение Джойсу"). Звучный характер текста Джойса навёл композитора на идею использования звукоподражательных слов (шипение, трель и т. д.). В соответствии с правилами композиции пьеса начинается с изложения основной темы (в данном случае в исполнении чтеца звучит текст из одиннадцатой главы романа), затем тема в течение шести минут видоизменяется с помощью различных приёмов работы с лентой и использования фильтров для обработки звука.

Для неподготовленного слушателя произведения композиторов "конкретной музыки" пятидесятых годов звучат как звуковая абстракция, авангард, эксперимент (возможно, даже шарж или не слишком удачная "поделка"), но не музыка в привычном смысле слова. Следует иметь в виду, что для своего времени это были весьма передовые работы, и многие из них стали впоследствии классикой электроакустической музыки (см. врезку "Электроакустическая музыка"). Композиторы создавали произведения "для голоса и ленты", "для двух флейт, гонга и магнитофона" и т. д. Результаты их трудов соответствовали и принципам дадаистского коллажа, и пейзажно-колористическому подходу музыкальных импрессионистов, и к тому же не противоречили основным принципам музыкальной композиции.

"Освобождение звука", о котором мечтал и которое предсказывал французский композитор Эдгар Варез, реализовалось в виде "конкретной музыки" и привело к проблеме, которую Пьер Шеффер в 1966 г. обозначил как "ситуацию акусматического слушания" (см. врезку "Акусматика"). "Акусматическим" называется звук, который вы слышите, не видя при этом источника, который его создал. В середине XX века такая ситуация была непривычной для публики. Безусловно, прослушивание радиопередач и граммофонных пластинок — событие из той же серии, но концерт (скажем, сюита для тромбона и магнитофона), на котором публика может наблюдать только часть источников звука (в конкретном примере — одинокого тромбониста, играющего под фонограмму, состоящую из различных музыкальных и немузыкальных звуков, созданных с помощью других инструментов и технических приёмов), — это совсем другое. Даже если магнитофон установлен на сцене и прекрасно виден из любой точки концертного зала, слушателям приходится проделывать мыслительную работу, пытаясь "привязать" звучащие партии к невидимым музыкантам, идентифицировать их и т. д.

В акусматическом произведении нередко имеются узнаваемые звуки или звуковые пейзажи, музыкальные цитаты, материал, содержащий ссылки на другие произведения. Классический пример — композиция Presque rien no. 1 (1967—1970) Люка Феррари, работавшего в GRM с Шеффером. Это произведение характеризуется развитием коротких звуковых объектов в звуковые

Акусматика

Акусматика — термин, применяемый к музыке, которая хранится на электронном носителе информации и воспроизводится без непосредственного участия музыканта. Термин был введён в середине пятидесятых годов XX века французским композитором и теоретиком Пьером Шеффером для обозначения музыки, источник которой скрыт от слушателя. В GRM была создана система распространения звука Acousmonium, представленная в 1974 г. Она состояла из 80 различных громкоговорителей и предназначалась для воспроизведения записей с магнитофонной ленты, предлагая публике опыт "чистого слушания", полного погружения в звук, эстетическое наслаждение пространственной полифонией (**рис. 7**). В процессе воспроизведения записи композитор или исполнитель мог непосредственно контролировать процесс пространственного распределения музыки и уровень громкости.

Также термин "акусматика" понимается как жанр академической электронной музыки и может считаться синонимом электроакустической музыки, кроме того, он применяется для обозначения стиля музыкальной композиции.

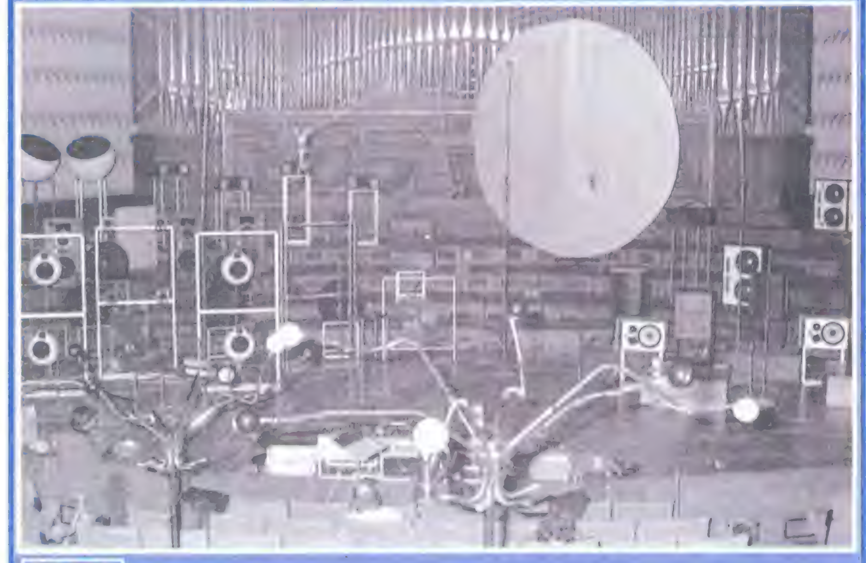


Рис. 7

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ландшафты и постоянно изменяющимся соотношением между дальним и ближним планами.

Столь же эффективно электронная музыка оказалась способна исследовать вселенную абстрактного синтетического звука. Например, в Kontakte Штокхаузена (1960 г.) звуки генерируются исключительно электронным способом. Они перестают быть "конкретными", становятся похожи на объекты в картине, написанной художником-абстракционистом. Именно такой подход был ближе всего немецким композиторам и активно развивался в студии WDR в Кёльне.



Рис. 3

Немецкая электронная музыка

Студия электронной музыки WDR (WDR Studio für elektronische Musik) была основана в 1951 г. Гербертом Эймертом и получила всемирную известность в 1963 г., когда Карлхайнц Штокхаузен стал её руководителем (**рис. 3**). Помимо него, в студии создавали произведения самые известные композиторы-авангардисты послевоенной эпохи, в том числе Дьёрдь Лигети, Люк Феррари и Анри Пуссер. Часть композиторов была последователями Шёнберга и Веберна и применяла их композиционные приёмы, но Штокхаузен и его коллеги стремились, прежде всего, создавать "чистую электронную музыку", т. е. синтезировать звук.

Первую такую попытку Штокхаузен предпринял, сочиняя Studie I ("Этюд 1", 1953 г.). Спустя несколько лет, используя осциллографы, кольцевые модуляторы и магнитофон с записью голоса мальчика (***рис. 4 на 2-й с. обложки***), Штокхаузен создал своё знаменитое произведение "Gesang der Jünglinge" ("Пение отроков", 1955—1956 гг.). Он также разработал особое устройство — вращающийся стол с рупором, звук с которого снимался четырьмя микрофонами (***рис. 5 на 2-й с. обложки***). Экспериментируя с различными группами громкоговорителей, Штокхаузен добивался перемещения звуков в пространстве. Эту идею впоследствии использовал Пьер Булез в "Poésie pour pouvoir" ("Поэзия для власти", 1958 г.) — композиции для магнитофона и спирально расположенного оркестра.

Студия WDR дважды переезжала: сперва в 1980-х, затем в 2001 г. Большая часть оборудования по-прежнему функционирует благодаря неустанным усилиям звукорежиссёра Фолькера Мюллера, который работал в студии с 1970-х годов в качестве ассистента Штокхаузена.

"Электронная поэма"

В 1957 г. французский композитор Эдгар Варез был приглашён архитектором Ле Корбюзье для работы над звуковым оформлением павильона Philips, который должен был представлять голландского флагмана электронной и электротехнической промышленности на Всемирной выставке "Экспо-58" в Брюсселе. Выставка планировалась как первый крупный смотр достижений науки и техники после Второй мировой войны.

Варез давно стремился писать музыку для новых инструментов, мыслил её трёхмерно. Долгое время он сочинял для традиционных инструментов, поскольку других в то время ещё не существовало. Тем не менее, ему удалось сформулировать концепцию эстетики новой музыки, благодаря чему много позже его провозгласили "отцом электронной музыки".



Рис. 8

В начале пятидесятых годов Варез написал произведение под названием Déserts ("Пустыни") — сочинение для 14 духовых, пяти перкуссионных инструментов, фортепиано и магнитофона, в котором использовалось несколько электроакустических (созданных на основе записи шумов города) фрагментов — они должны были звучать в промежутках между оркестровыми частями. Эти фрагменты композитор назвал "организованным звуком". На премьере "Пустынь" такое новшество вызвало бурное возмущение публики, однако несмотря на скандал, сочинение Вареза продолжало исполняться, и с ним ознакомились слушатели в Западной Германии и Швеции.

Новаторский архитектурный дизайн павильона Philips (**рис. 8**, 20 марта 1958 г.) должен был сопровождаться исполнением электронной композиции, визуальных и световых эффектов, что создало бы особую внутреннюю среду сооружения. В лабораториях Philips в Эйндховене Эдгар Варез сочинил восьмиминутную композицию, состоящую из человеческих голосов, обработанных записей шумов и звуков музыкальных инструментов, а также синтезированных звуков. На открытии павильона 2 мая 1958 г. запись "Электронной поэмы" звучала из 425 громкоговорителей, расположенных внутри павильона в соответствии с проектом Яниса Ксенакиса и Ле Корбюзье.

"Электронная поэма" — название не только музыкального произведения, но и всей аудиовизуальной программы, даже больше — всего проекта, и Корбюзье доверил его разработку Ксенакису, французскому композитору и архитектору греческого происхождения. Основная конструкция павильона — в своей основе вантовая и благодаря туго натянутым растяжкам по форме напоминает струнный музыкальный инструмент. Зрители занимали свои места в павильоне под звуки трёхминутной электронной композиции Ксенакиса Concret PH, после чего начиналась собственно "Электронная поэма", написанная Варезом. Под аудиоряд демонстрировались изображения, отобранные Ле Корбюзье. По окончании "Экспо-58" в октябре 1958 г. павильон был снесён, но тот майский день, когда "Электронная поэма" впервые прозвучала в павильоне Philips, можно считать днём, когда сбылась мечта Фрэнсиса Бэкона о "домах звука".

Изобретатель Эдвин Армстронг (1890—1954 гг.)

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

Первое знакомство Эдвина с изобретениями состоялось в 1904 г., когда его отец, Джон Армстронг, привёз из Лондона в подарок "Книгу изобретений для мальчишек" (The boy's Book of Inventions). Затем, по просьбе сына, привёз книгу по истории изобретений и жизни их создателей.

Первое своё изобретение — генератор на базе триода Ли де Фореста Эдвин Говард Армстронг сделал в 1913 г. будучи студентом Колумбийского университета.

В1913 г. он окончил университет и получил степень инженера-электрика. В 1914 г. Эдвин запатентовал генератор и лицензировал его компании Г. Маркони, с которым впоследствии сотрудничал много лет. В 1918 г. он изобрёл сверхрегенеративный, а в 1921 г. — супергетеродинный приёмники.

Э. Армстронг был членом клубной "коллективки" 1BCG (позже — n1BCG), которая в 1921 г. стала первой американской любительской радиостанцией, успешно отправившей радиограмму на КВ через Атлантический океан.

Основные элементы изобретённого им супергетеродинного приёмника в 1923 г. были реализованы в его варианте с батарейным питанием.

Эдвин Говард Армстронг был пионером в области частотной модуляции (ЧМ, англ. FM). В 1933 г. он получил четыре патента на ЧМ вместо применявшейся до этого амплитудной модуляции (АМ) при передаче речи и музыки. Она позволила избавиться от помех, возникающих в эфире, и добиться гораздо более высокого качества радиопередач. Однако это требовало корен-



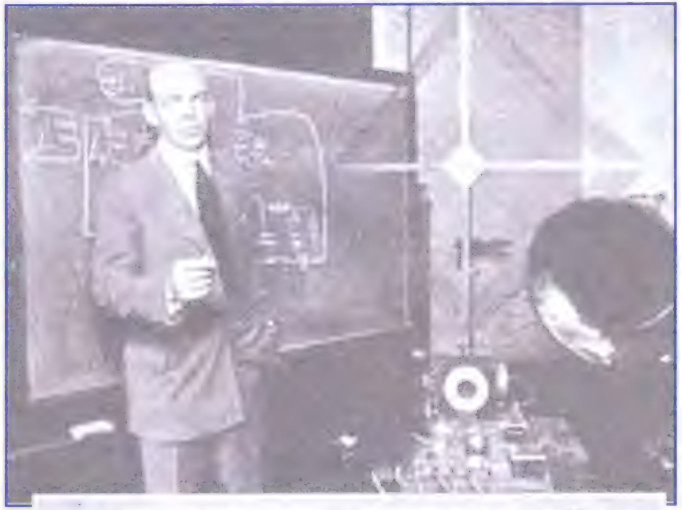
Э. Армстронг — майор Сигнального корпуса американской армии (Первая мировая война).

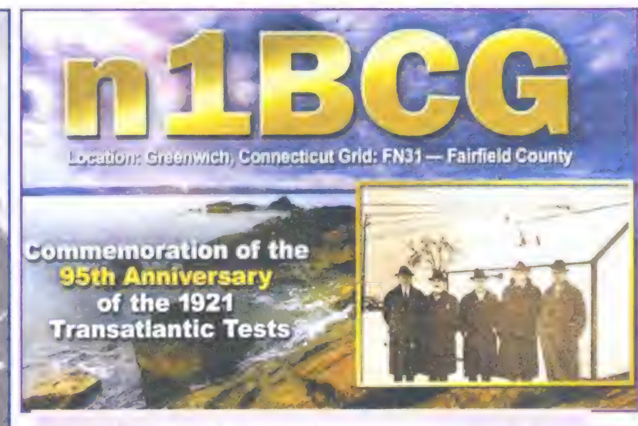


Молодожёны Армстронги (Эдвин и Мэрион) на курорте Palm Beach (штат Флорида), 1 декабря 1923 г.



Во время своего последнего посещения США в 1932 г. Гульельмо Маркони встретился с Эдвином Говардом Армстронгом (на снимке стоит справа). Они сфотографировались перед хижиной, в которой Маркони, изобретатель беспроволочного телеграфа, в 1900 г. собрал в США свой первый беспроволочный передатчик.


Публичная лекция по ЧМ, вторая половина 30-х гг.



Мемориальная радиостанция, 2016 г.



QSL радиостанции n1BCG, 2015 г.

ных изменений в радиопередающей и радиоприёмной аппаратуре.

<u>Примечание</u>. Достижения Э. Армстронга опровергли заявление американского физика, теоретика передачи ранних систем связи Джона Реншоу Карсона (1886—1940), который в 1924 г. теоретически "обосновал" якобы отсутствие преимуществ у ЧМ, заявив: "От радиошумов, как от бедности, никогда не удастся освободиться".

В 1934 г. Эдвин заполнил вакансию, образовавшуюся после смерти Джона Х. Морекрофта, получив назначение профессором электротехники в Колумбийском университете — должность, которую он занимал всю оставшуюся жизнь.

В отличие от большинства инженеров, Армстронг так и не стал корпоративным сотрудником Колумбийского университета. Он создал самофинансируемую независимую лабораторию исследований и разработок на территории университета и полностью владел своими патентами.

В 1937 г. он, затратив 3 млн долл., финансировал строительство первой


Эдвин Говард Армстронг. Последние годы жизни.

ЧМ-радиостанции W2XMN (мощность — 40 кВт, частота — 42,8 МГц). Сигнал отчётливо принимался в радиусе 100 миль (160 км), несмотря на меньшую мощность передатчика, чем использовали аналогичные радиостанции АМ.

<u>Примечание</u>.

— 1 марта 1941 г. заработала первая в мире коммерческая ЧМ-станция W47NV в американском Нэшвилле. Первые передачи вёл лично директор станции Том Стюарт с двумя дикторами — Биллом Терри-младшим и Гербертом Оглесби. В эфир радиостанция выходила с 13:00 до 23:00 по будням, а в выходные — с 11:00 до 21:00. Первой в истории коммерческого ЧМ-вещания стала компания Standard Candy Co, производившая сладости, которая спонсировала эту радиостанцию.

— 14 апреля 1941 г. для станции W71NY первую рекламу заказала часовая компания Longines-Wittnauer. Новое "бесшумное радио", как его назвали американцы, стремительно набирало популярность. В ходе проведённого в конце 1942 г. опроса менеджеры нескольких крупных универмагов Нью-Йорка дали такие оценки: "Главные тенденции текущих продаж напрямую связаны с ЧМ", "Это наша самая большая неожиданность", "Все клиенты спрашивают всё, что относится к ЧМ", "Почти невозможно сегодня продать приёмники, если они не включают функции ЧМ".

— 7 июля 1941 г. компания Muzak Corp (оператор проводного музыкального вещания) приобрела права ЧМ-вещания и официально уведомила публику, что намерена ограничивать приём абонентами музыки путём "передачи сопроводительного "поросячьего визга" или нестройного звука, которые могут быть устранены только путём использования специальных приёмников, арендованных у Muzak Corp".

<u>Примечание</u>. На QSL 2015 г. помещена фотография 1950 г. у мемориального камня, посвящённого отправке в 1921 г. сообщения на КВ через Атлантический океан. Слева направо: Paul F. Godley, Edwin H. Armstrong, George E. Burghard, Wilbur A. Peck, Caldwell and Ernest V. Amy.

В начале 50-х годов Э. Армстронг принял решение продолжить строительство ЧМ-радиостанций, но для этого ему понадобились деньги. Обратился к своей жене. Она ему отказала, они разругались и Мэрион уехала к сёстрам...

Эдвин впал в тяжелую депрессию... Написал жене трогательное письмо и покончил жизнь самоубийством — в

ночь на 31 января 1954 г. выпрыгнул из окна своей квартиры на 13 этаже.

Примечание. Причиной принятого им трагического решения, видимо, стала и многолетняя тяжба с крупными американскими компаниями из-за отказа ими патентовать его изобретения.

Примечание. В 1937 г. Э. Армстронг был удостоен американским Институтом радиоинженеров (ИРИ — IEEE) "Медали почёта" за работы по регенерации и генерации колебаний. Однако после многолетнего судебного разбирательства с крупными американскими компаниями (вкл. RCA), Верховный суд США признал приоритет Ли де Фореста в этих работах. Эдвин Армстронг хотел вернуть медаль, но суд единогласным своим решением вновь подтвердил предыдущее своё решение.

Помимо медали ИРИ, Э. Армстронг был удостоен следующих наград: "Медаль Эглестона" (1939 г.), "Медаль Холли" (1940 г.), "Медаль Франклина" (1941 г.), "Медаль Эдисона" (1942 г.), "Медаль Джона Скотта" (1942 г.) и "Вашингтонская премия" (1951 г.).

Он посмертно был избран в пантеон Международного союза электросвязи (ITU), наряду с такими учёными как Ампер, Белл, Фарадей и Маркони.



Монета Великобритании, два фунта стерлингов.



Монета Канады, пять канадских долларов.

Примечание.

— Если же говорить о первой дальней радиосвязи как таковой, то она была проведена ещё 12 декабря 1901 г. между Англией и Канадой.

— В 2001 г. в Великобритании была выпущена монета номиналом два фунта стерлингов, а в Канаде — монета номиналом пять канадских долларов. Они были посвящены 100-летию отправки короткой радиограммы, которая состояла из трёх точек буквы S телеграфной азбуки, через Атлантический океан. Сигналы передавались со станции на полуострове Корнуолл (Англия), а принимались в Сент-Джонсе на острове Ньюфаундленд (Канада).

Двухдиапазонная УКВ-антенна для работы через радиолюбительские спутники

Владимир ПРИХОДЬКО (EW8AU), г. Гомель, Беларусь

Антенна (**рис. 1**), описание конструкции которой предлагается вниманию читателей, предназначена для работы через радиолюбительские искусственные спутники или МКС, работающие на приём или передачу в УКВ-диапазонах 144 и 430 МГц. В настоящее время таких спутников сравнительно много [1].

Эта антенна — двухдиапазонная и состоит из двух антенн диапазонов 144 МГц и 430 МГц, совмещённых в одной конструкции. Каждая из антенн — многоэлементная, с элементами в форме квадрата. Антенна диапазона 144 МГц — трёхэлементная, антенна диапазона 430 МГц — семиэлементная. Основные размеры (в миллиметрах) антенны и всех её элементов показаны на **рис. 2**.

Антенна изготовлена в основном из подручных и доступных материалов. Несущая траверса — пластиковая трубка диаметром 17 мм от лыжных палок (**рис. 3**), несущие пластиковые опоры — хлыстики от рыболовной удочки диаметром 6 мм — очень прочный материал. Провод для элементов — алюминиевая покрытая медью центральная жила диаметром 2,74 мм коаксиального кабеля TZC 500-32 (можно применить жилу от кабеля RG-8). Можно использовать медный провод и биметалл, но антенна будет тяжелее. Для крепления элементов антенны к пластиковым опорам

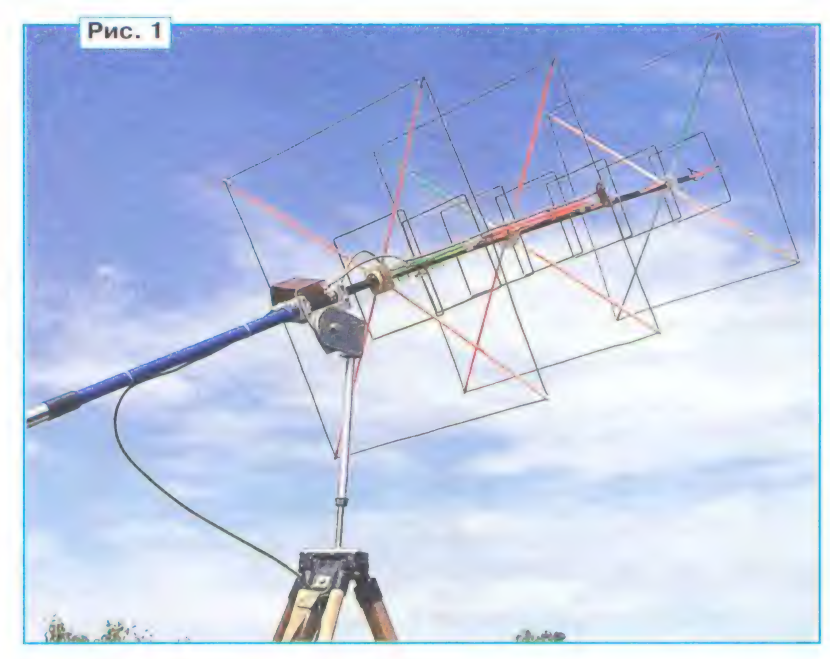


Рис. 1

F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)
145.8	50.27	0.991	1.02	---	15.0	19.92	9.5

Для квадратов на 145 МГц провод диаметром 3 мм
для квадратов 436 МГц провод диаметром 2.8 мм

556 mm
526 mm
503 mm
192.3
180
173.7
166.3
165
161
161mm
0
350
890 mm
20
185
291
450
612
790
979 mm
556 mm
192.3
192.3
556 mm

F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)
436.8	49.93	1.921	1.04	---	17.17	18.92	4.2

Рис. 2

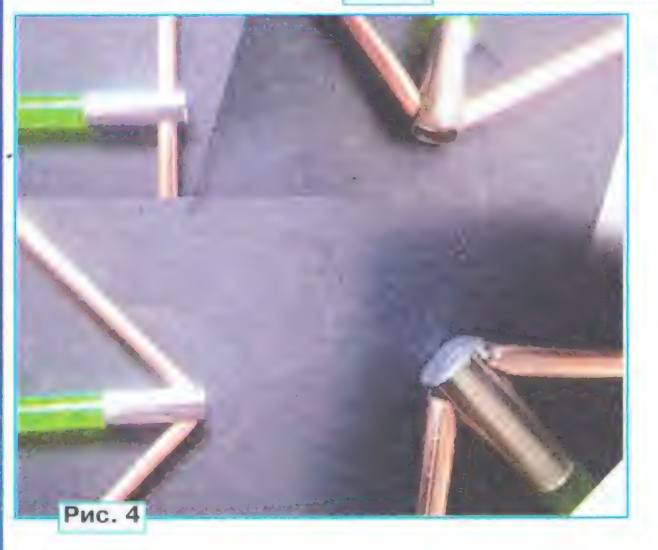
применены латунные тонкостенные трубки от телескопических антенн (**рис. 4**, **рис. 5**).

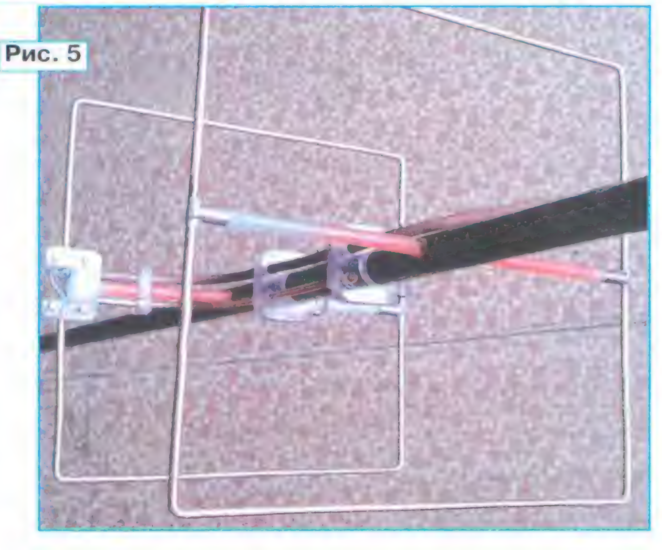
Простое поворотное устройство обеспечивает вращение антенны по двум координатам (**рис. 6**). Можно работать и с рук, но на штативе удобнее (**рис. 7**). Основные элементы поворотного устройства показаны на **рис. 8**. Если нет штатива, можно забить в землю металлический штырь, на который надевают поворотное устройство.

Коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом подключён к активному элементу каждой антенны с помощью согласующего шлейфа, выполненного из того же материала, что и элементы. Конструкция и размеры шлейфов показаны на **рис. 9** и **рис. 10**.

Для подключения этой антенны к трансиверу, имеющему один вход/выход, потребуется применение диплексера, схема которого показана на


Рис. 3


Рис. 4


Рис. 5

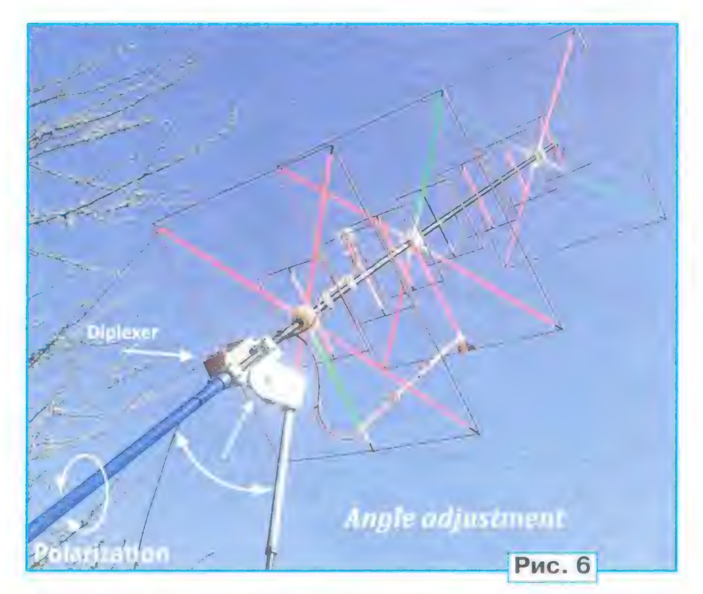


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

рис. 11. Его элементы размещены в самодельном корпусе размерами 64×64×60 мм с центральной перегородкой, изготовленном из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Применён навесной монтаж, при этом выводы элементов припаивают к центральным контактам гнёзд XS1—XS3 и металлизации перегородки. Катушки индуктивности намотаны посеребрённым медным проводом диаметром 0,8 мм на оправке диаметром 6 мм. Катушки L1, L3 содержат по три витка, длина намотки — 12,6 мм, катушки L2, L4 — по пять витков, длина намотки — 20 мм. Подстроечные конденсаторы — серии КТ4-21. В корпусе диплексера с одной стороны перегородки размещены элементы L3, L4, C3, C4 (**рис. 12**), с другой — элементы L1, L2, C1, C2 (**рис. 13**).

С чем я столкнулся при настройке антенны. При малой высоте подвеса антенны относительно земли в расчёт закрадывается небольшая погрешность. При расчёте антенны сложно учесть все факторы, влияющие на сопротивление антенны, особенно когда на одном буме две антенны разных диапазонов. Поскольку антенна является резонансным элементом, обычно требуются элементы настройки. В антеннах Yagi можно регулировать длину двух или трёх элементов, укорачивая или удлиняя элемент в небольших преде-

Рис. 9



Рис. 10

XW1 144 МГц L2 C1 1...5 C2 3...15 L1 XW3 RX/TX XW2 430 МГц L3 C3 1...5 C4 3...15 L4

Рис. 11

лах. В антеннах с элементами квадратного типа эта операция слишком трудоёмка. Если требуется уменьшить резонансную частоту и не хочется переделывать рамку, на антенный проводник следует надеть какую-нибудь полимерную трубку, что увеличит электрическую длину элемента. Когда я изготавливал эту антенну, антенна диапазона 430 МГц оказалась настроена выше по частоте, возможно, из-за влияния антенны диапазона 144 МГц. КСВ оказался 1,32 в центре диапазона 430 МГц. Я взял медицинскую силиконовую трубку, разрезал её вдоль и надел две трубки на провода каркаса активного вибратора (**рис. 14**). Регулируя длину этих трубок, был получен КСВ = 1,04 в середине диапазона 435 МГц и оказался 1,12 по краям. Для устойчивости и удобства работы антенну надо сбалансировать, чтобы её центр тяжести находился над опорой. Для этого в конце рукоятки, за которую мы держим антенну, я вставил пруток из свинца, экспериментально подобрав его необходимую массу.

Силиконовые трубки

Рис. 14

Антенна хорошо себя зарекомендовала, если размеры выдержаны с отклонением не более 1 мм, при этом подстройки обычно не требуется.

За последнее время с помощью этой антенны было проведено много связей через некоторые спутники с корреспондентами из многих стран. Проведённые радиосвязи заносятся в журнал, который можно посмотреть, например для спутника SO-50 [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные данные по радиолюбительским спутникам. — URL: **https://qth.kz/svyaz-na-ukv/15-aktualnye-dannye-po-radiolyubitelskim-sputnikam** (03.08.22).

2. Страница спутникового журнала SO-50. — URL: **http://aar29.free.fr/sat/so50/so50log.php** (03.08.22).

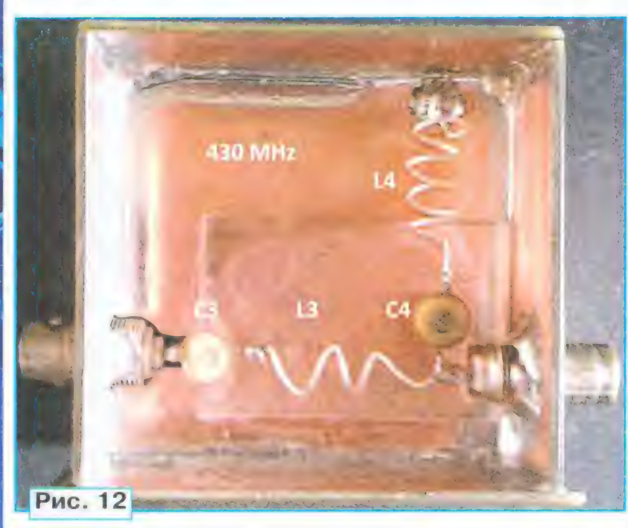


Рис. 12



Рис. 13



Игрушка-сувенир "Жизнь"

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Эта конструкция будет полезна при релаксации и может стать интересным подарочным сувениром. В её основе — так называемый "клеточный" автомат, придуманный английским математиком Джоном Конвеем (John Horton Conway) в 1970 г. Описание этой игры было опубликовано в октябрьском выпуске (1970 г.) журнала Scientific American.

Генетические законы Конвея просты и сформулированы для абстрактно живых клеток. Но перед их формулировкой обратим внимание на то, что каждую клетку окружают восемь соседних клеток — четыре имеют с ней общие стороны, а четыре другие — общие вершины.

Алгоритм "жизни" выглядит так:

— выживание. Каждая живая клетка, имеющая вокруг себя две или три соседние живые клетки, выживает и переходит в следующее поколение;

— гибель. Каждая клетка, у которой больше трёх соседей, погибает, т. е. исчезает с экрана из-за перенаселённости. Каждая клетка, вокруг которой свободны все соседние клетки или же занята всего одна клетка, погибает от одиночества;

— рождение. Если число живых клеток, с которыми граничит какая-нибудь пустая клетка, в точности равно трём (не больше и не меньше), то на этой клетке происходит рождение нового "организма", т. е. появляется живая клетка.

Игровой цикл прекращается, если:

— на экране не останется ни одной живой клетки;

— конфигурация на очередном шаге в точности (без сдвигов и поворотов) повторит себя же — жизнь замирает в статичной картинке;

— последовательность конфигураций клеток начнёт повторяться через определённое число шагов — жизнь замирает в динамическом повторе.

Подробнее об истории появления игры можно прочитать в [1]. Меня заинтересовал вариант реализации с помощью модуля Arduino с возможностью вывода графики на миниатюрный экран. За основу поделки был взят вариант, описанный в [2]. Но в аппаратную и программную части были внесены несколько изменений:

— добавлен псевдослучайный набор первого поколения клеток при каждом перерождении;



Рис. 1

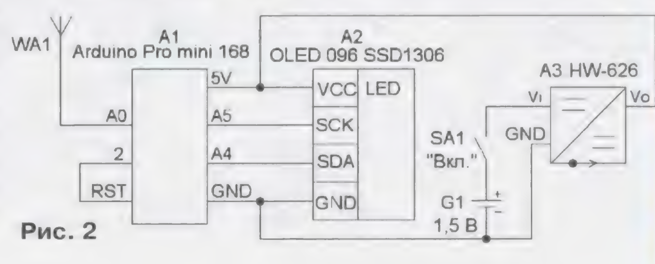


Рис. 2

— добавлен псевдослучайный перебор форм клеток при каждом новом перерождении жизни;

— изменены исходные правила игры под условия клеточного автомата Джона Конвея;

— реализована перезагрузка модуля Arduino при первом и втором условиях прекращения игрового цикла — имитация зарождения нового цивилизационного цикла жизни.

Внешний вид сувенира показан на **рис. 1**, а схема конструкции — на **рис. 2**. Футляр распечатан с помощью 3D-принтера, стилизован по внешнему виду под игровой автомат 70—80-х годов прошлого века и имеет габаритные размеры 30×35×80 мм. Сбоку он плотно закрывается крышкой, также изготовленной с помощью принтера. Выключатель питания кнопочного типа вынесен на лицевую сторону. Устройство состоит из трёх основных модулей: A1 — модуль Arduino Pro mini 168; A2 — ЖК-индикатор; A3 — повышающий преобразователь напряжения. Антенна WA1 (отрезок провода в изоляции длиной 12...17 см) призвана "усиливать рандомность" первоначального заселения клеток после каждой перезагрузки платы. Внешний вид основных элементов устройства показан на **рис. 3**. В конструкции, кроме модуля Arduino Pro mini 168, можно использовать модуль Arduino Pro mini 328. Все электри-

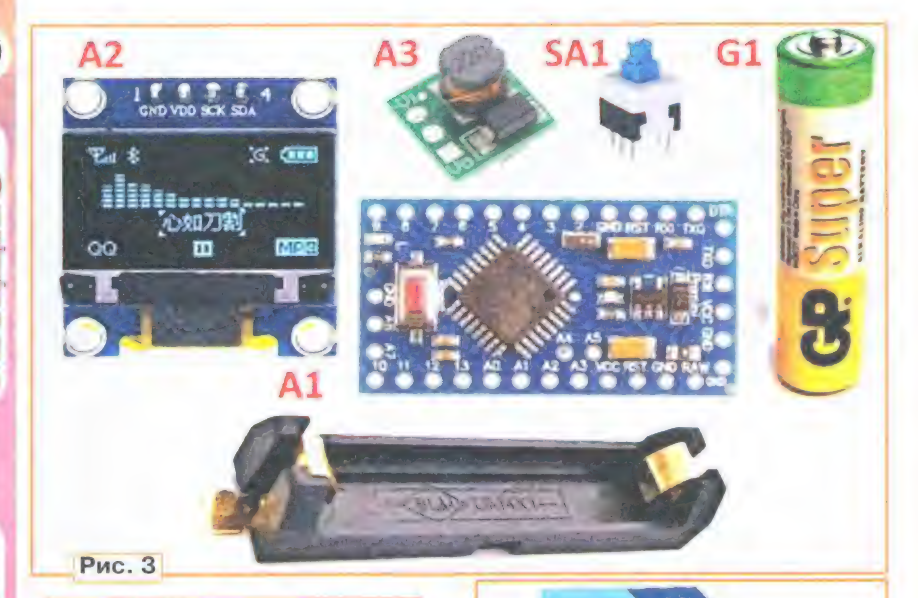


Рис. 3

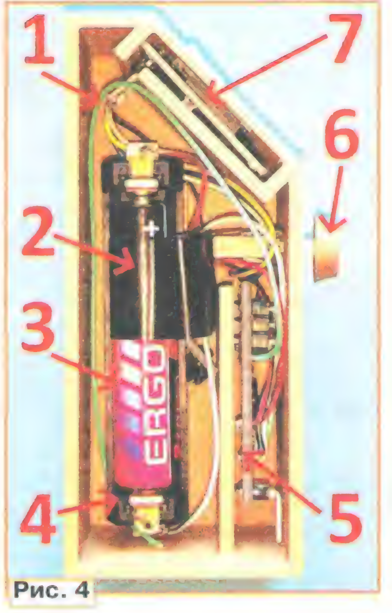


Рис. 4

1
2
3

Рис. 5

400	526
400	566
400	554
400	559
401	616
401	734
402	845
403	916
403	992
404	1023
405	1023
405	1023
406	1023
407	1023
407	1023
408	955
409	756
409	703
410	690
411	735
413	787
413	635
414	608
415	589
416	572
417	555

Автоп Автопрокрутка

Рис. 7

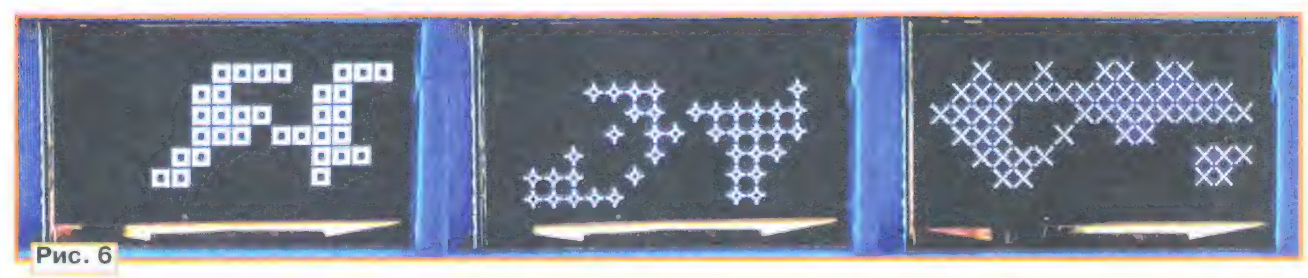
ческие соединения сделаны тонкими гибкими изолированными проводами с помощью пайки после предварительного программирования модуля Arduino.

Конструкцию устройства поясняет **рис. 4**. Элемент 1 — антенна, протянутая вдоль корпуса футляра; 2 — отрезок изоленты, облегчающий извлечение элемента питания 3 при его замене; элемент 4 — отсек для элемента питания, он приклеен к боковой стенке футляра; элемент 5 — модуль A1; элемент 6 — декоративная кнопка выключателя, распечатанная на принтере; элемент 7 — ЖК-дисплей.

Внутренний вид корпуса показан на **рис. 5**. Дополнительные перегородки и опоры выделены жёлтым цветом. Элементы 1 предназначены для крепления отсека элемента питания. Между ними расположен модуль преобразователя напряжения A3. Элемент 2 отделяет модуль Arduino, элемент 3 позволяет закрепить выключатель питания. При печати были использованы следующие базовые настройки принтера: материал — PLA; высота слоя — 0,2 мм; ширина линии — 0,4 мм; плотность заполнения — 20 %; поддержка — да, температура сопла — 190 °C; температура стола — 55 °C; тип прилипания к столу — нет.

Вариации внешнего вида живых клеток поясняет **рис. 6**. Благодаря им происходит различное ассоциативное восприятие жизненного цикла клеток.

В заключение несколько отдельных слов о работе элемента схемы WA1 — антенны. Плотность первоначального заселения живыми клетками напрямую


Рис. 6

зависит от числа попыток получить живую клетку в псевдослучайных координатах x и y. Само число ограничено максимальным значением счётчика **i** и определяется напряжением, считанным функцией **analogRead()** с неподсоединённого вывода A0, на который поступают наводки и помехи с антенны WA1. Соответствующая строка кода имеет вид **for(int i=0;i<analog Read(A0)/2;i++){ state[random(0,X)] [random (0,Y)] = 1; forma_=i%3+1;}**. Результаты опытов на примере тестскетча:

```
void setup(){
Serial.begin(9600);//настраиваем работу с монитором порта
}
void loop(){
Serial.println( analogRead(A0));
delay(200);
}
```

поясняет **рис. 7**. Слева получены значения без подключения антенны, справа — с подключением. Антенна увеличивает псевдослучайность первоначальной плотности заселения, улучшая свойства игрушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игра "Жизнь". — URL: **https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B3%D1%80%D0%B0_%C2%AB%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D1%8C%C2%BB** (26.06.22).

2. Игра "Жизнь" на дисплее SSD1306 и Arduino.— URL: **https://adior.ru/index.php/robototekhnika/29-game-life** (26.06.22).

***От редакции**. На нашем FTP-сервере по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/life.zip** находятся файлы проекта.*

Сенсорный выключатель для светодиодного светильника ...и не только

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В некоторых случаях использовать кнопочный (рокерный, движковый и т. д.) выключатель для управления светодиодным светильником, например ленточным, на кухне не очень удобно. Обусловлено это тем, что зачастую руки мокрые или влажные, а если выключатель установлен в цепи 230 В, пользоваться им может быть опасно.

В таком случае удобно использовать устройство, которое бы включало или выключало светильник без механического воздействия на него. В таком выключателе можно применить ёмкостный датчик C005 [1], но он может оказаться слишком чувствительным к помехам, которых на кухне хватает. При использовании ИК-датчика движения (например модуля HC-SR501 [2]) может оказаться, что он слишком чувствителен к перемещениям людей, что может привести к ложным срабатываниям переключателя.

Более подходящим будет ИК-датчик препятствий HW-006 [3] (**рис. 1**), основой которого является ИК-оптопара с открытым каналом TCRT5000 [4], которая содержит излучающий ИК-диод и ИК-фототранзистор. В модуль HW-006 входит также цифровая микросхема 74HC14D. Особенностью этого датчика является то, что он срабатывает на расстоянии до препятствия всего несколько сантиметров, чего вполне достаточно для использования в таком выключателе.

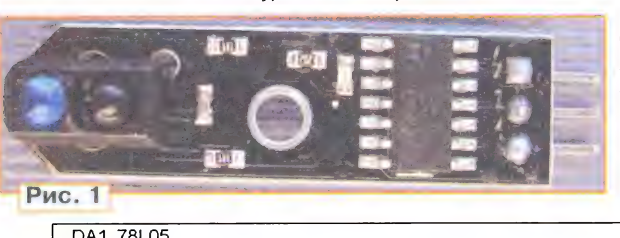


Рис. 1

Схема выключателя с датчиком HW-006 показана на **рис. 2**. Он рассчитан для управления светодиодным светильником (светодиодной лентой) с номинальным напряжением питания 12 В и мощностью несколько десятков ватт. Выходной сигнал датчика HW-006 — логические уровни: 0 — препятствия нет; 1 — препятствие на расстоянии не более 25...30 мм. Для управления светодиодным светильником служит полевой транзистор VT1 (IRLB3034 [5]), который в открытом состоянии имеет очень малое сопротивление канала (не более 2 мОм).

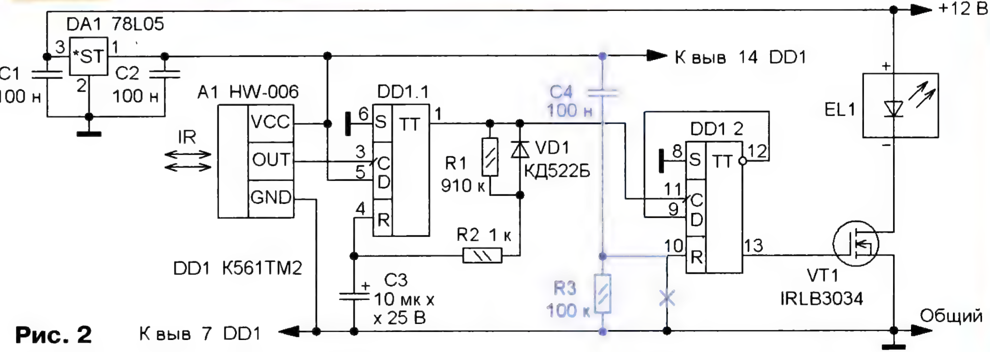
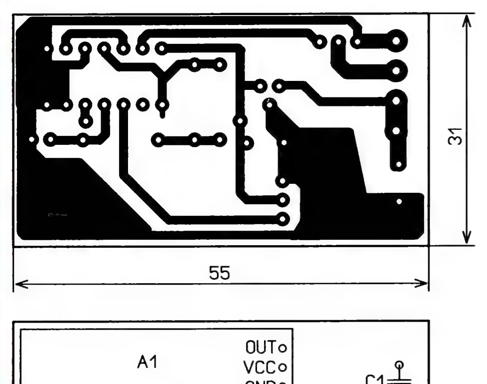


Рис. 2

Выходной сигнал датчика приближения поступает на одновибратор на D-триггере DD1.1, который, в свою очередь, управляет триггером DD1.2. Поскольку напряжение питания датчика HW-006 — 5 В, в устройство введён стабилизатор напряжения DA1, от которого запитана и микросхема DD1.

Работает выключатель следующим образом. После подачи питающего напряжения триггеры DD1.1, DD1.2, в принципе, могут установиться в любое состояние. Предположим, что на их прямых выходах будет низкий логический уровень. В этом случае транзистор VT1 закрыт и светильник EL1 обесточен. При приближении к датчику A1 пальца на выходе OUT датчика появляется лог. 1 и триггер DD1.1 переключится, это приводит к переключению триггера DD1.2 и появлению на его прямом выходе лог. 1. Транзистор VT1 откроется, и на светильник поступит питающее напряжение. Если затем датчик будет переключаться, состояние устройства не изменится. Начнётся зарядка конденсатора C3 через резисторы R1 и R2, которая продолжается несколько секунд. Когда напряжение на нём достигнет уровня лог. 1, триггер DD1.1 переключится в состояние с лог. 0 на прямом выходе.



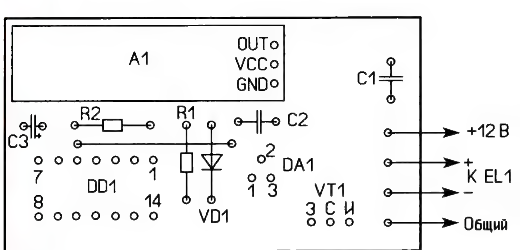


Рис. 3

Конденсатор C3 быстро разрядится через резистор R2 и диод VD1. Так одновибратор формирует импульс длительностью несколько секунд, в течение которых устройство не реагирует на изменение сигнала датчика, что обеспечивает его помехоустойчивость и надёжное переключение.

Если после окончания импульса одновибратора датчик сработает, одновибратор запустится снова, что приведёт к переключению триггера DD1.2 и на его выходе установится лог. 0, транзистор закроется, светильник погаснет. Включение его будет возможно только через несколько секунд.

Все детали переключателя размещены на односторонней печатной плате

Рис. 4

из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы и схема размещения на ней элементов показаны на **рис. 3**. Применены конденсаторы К10-17 или импортные, резисторы — МЛТ, С2-33, диод может быть любой кремниевый малогабаритный импульсный или выпрямительный. Полевой транзистор должен быть рассчитан на ток, потребляемый светильником или другой нагрузкой, и открываться полностью при напряжении затвор—исток 5 В. Если применён датчик HW-006 с угловыми выводами, их надо аккуратно выпрямить, а если не получается, заменить прямыми контактами.

Если необходимо, чтобы триггер DD1.2 при подаче питающего напряжения устанавливался в нулевое состояние на прямом выходе, в схему можно ввести цепь R3C4 (на рис. 2 выделена цветом). Для этого надо перерезать печатный проводник, соединяющий вход R (вывод 10) триггера DD1.2 с общим проводом, и припаять непосредственно к выводам микросхемы 14 и 10 DD1 конденсатор C4, а к выводам 10 и 8 — резистор R3.

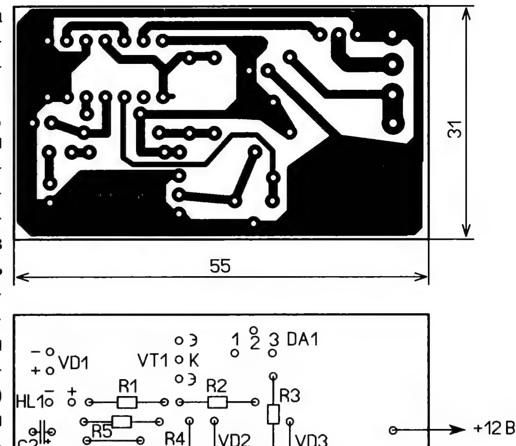


Рис. 6

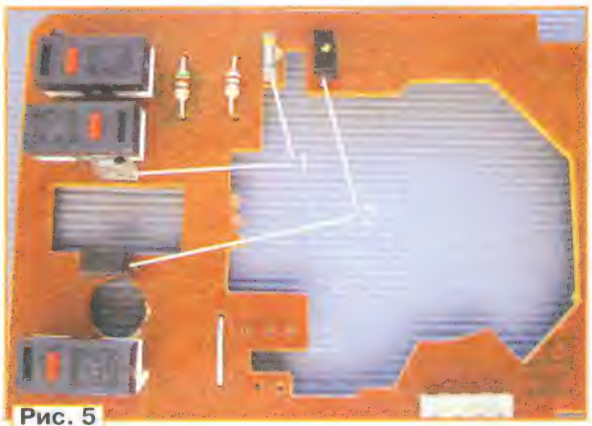


Рис. 5

При отсутствии датчика HW-006 оптопару с открытым каналом можно сделать из отдельных элементов. Схема такого варианта выключателя приведена на **рис. 4**. Она также состоит из одновибратора, триггера и мощного полевого транзистора. Оптопара с открытым каналом содержит излучающий ИК-диод VD1 и сдвоенный ИК-фототранзистор VT1. Эти элементы взяты из старой компьютерной мыши (**рис. 5**), они широко распространены и доступны. Излучающий ИК-диод 1 — обычно в прозрачном пластмассовом корпусе с двумя выводами. Сдвоенный ИК-фототранзистор 2 — в непрозрачном пластмассовом корпусе с тремя выводами. Средний вывод — общий коллектор.

Микросхема параллельного стабилизатора напряжения TL431CLP (DA1) использована здесь как компаратор напряжения [6]. Принцип его работы основан на том, что ток через микросхему резко возрастает, если на управляющем входе (вывод 1) напряжение превысит 2,5 В. Диод VD3 защищает элементы выключателя от кратковременных "просадок" напряжения питания, возможных при включении светильника.

Работает этот выключатель следующим образом. Диод VD1 и фототранзистор VT1 расположены так, что прямое излучение первого не попадает на второй. Фототранзисторы закрыты, и напряжение на управляющем входе микросхемы DA1 превышает 2,5 В, поэтому на выводе 3 этой микросхемы будет напряжение не более 2 В, что соответствует лог. 0. При приближении пальца к оптопаре отражённое ИК-излучение попадает на фототранзисторы, напряжение на коллекторном выводе становится менее 2,5 В, ток через микросхему DA1 уменьшается и напряжение на входе C триггера DD1.1 увеличивается до уровня лог. 1, что приводит к запуску одновибратора и переключению триггера

DD1.2. Так происходит управление светильником.

Все детали размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы и размещение на ней элементов показаны на **рис. 6**. Применены конденсаторы К50-35 или импортные, светодиод желательно выбрать из серии обычных зелёного свечения диаметром корпуса 3 мм, а не сверхъярких, чтобы он светил не очень сильно. Остальные элементы — как в предыдущей конструкции. На плате между излучающим диодом и фототранзистором надо установить непрозрачную перегородку из пластмассы. Она не должна быть слишком высокой, чтобы не уменьшилась чувствительность оптопары. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 7**.

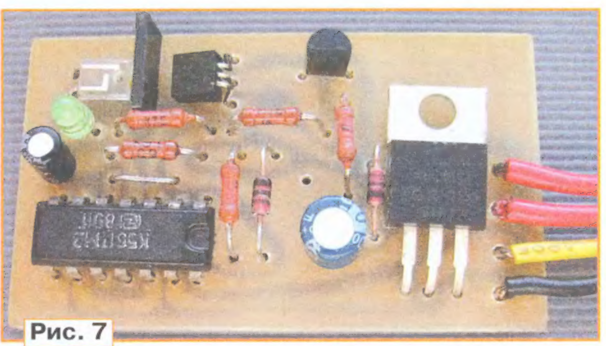


Рис. 7

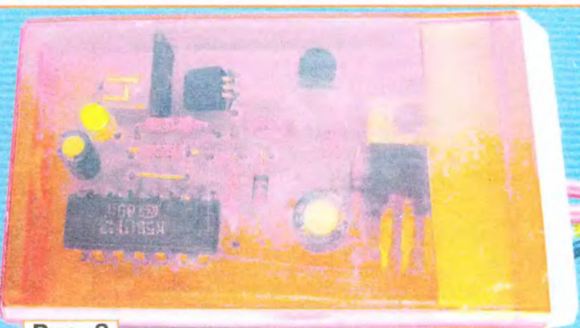


Рис. 8

Возможно, потребуется подборка резистора R2, чтобы получить требуемую чувствительность.

Плату каждого из этих выключателей надо поместить в прозрачный пластмассовый корпус подходящего размера. Печатная плата рассчитана для размещения в корпусе от драже "Тик-так" (**рис. 8**). Обратите внимание, что фотокамера зафиксировала излучение излучающего ИК-диода. Выключатель должен срабатывать при приближении или прикосновении пальца (или другого предмета, например полотенца, посуды или столового прибора) к корпусу выключателя в месте расположения оптопары, которое подсвечивает светодиод HL1.

Выключатель можно разместить в удобном месте, закрепив его с помощью двухсторонней липкой ленты (скотча).

Использовать этот выключатель можно для управления другими устройствами, в том числе и мощными, которые питаются напряжением 10...15 В.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Модуль таймера С005 и конструкции на его основе. — Радио, 2021, № 6, с. 58—62; № 7, с. 55—58.

2. Инфракрасный датчик движения HC-SR501. — URL: **https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/infrakrasnyj-datchik-dvizheniya-hc-sr501/** (23.07.22).

3. Инфракрасный датчик препятствий HW-006. — URL: **https://igostech.biz/product/infrakrasnyj-datchik-prepyatstvij-hw-006-tcrt5000-dlya-arduino/** (23.07.22).

4. TCRT5000, TCRT5000L. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/286/DOC011286125.pdf** (23.07.22).

5. IRLB3034. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/300/DOC000300294.pdf** (23.07.22).

6. **Нечаев И.** Необычное применение микросхемы КР142ЕН19А. — Радио, 2003, № 5, с. 53, 54.

***От редакции.** Чертежи печатных плат имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2022/09/sens.zip** на нашем FTP-сервере.*

Викторина "Arduino: программная часть-12"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Модули семейства Arduino и их аналоги всё чаще применяются при разработке контрольно-испытательных, измерительных и технологических стендов. Как правило, это единичное уникальное производство на уровне рацпредложения, которое допускает индивидуальную юстировку, программную калибровку, подбор элементов. Радиолюбители тоже могут поэкспериментировать в этом направлении, в частности, при создании самодельных тестеров радиодеталей.

На платформе Arduino известны разработки измерителей электрических параметров: диодов, транзисторов, микросхем, конденсаторов, резисторов и т. д. Существуют конструкции мультитестеров, где автоматически распознаётся тип элемента, а также определяются его сопротивление, ёмкость, индуктивность, добротность, ESR.

Предлагается разработать на базе Arduino тестер маломощных электромеханических реле с номинальным напряжением 5 В. Полная схема тестера будет синтезирована из отдельных функциональных узлов. Процесс измерения, в целях упрощения, будет полуавтоматическим с применением цифрового мультиметра и компьютера.

Поскольку каждый узел отвечает за измерение отдельного параметра (группы параметров), налаживание проще всего производить короткими скетчами, которые в дальнейшем будут "сшиваться" в одной большой программе.

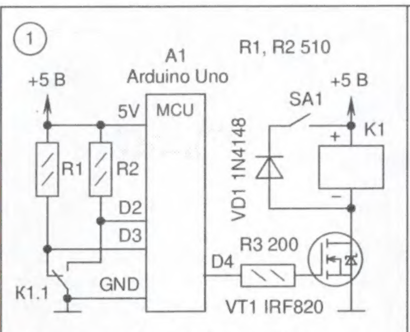
В **таблице** показаны схемы узлов такого тестера, на которых можно отработать следующие измерения (сверху вниз): быстродействие (время срабатывания и отпускания), параметры катушки реле, сопротивления замкнутых контактов, напряжений включения и выключения.

К каждой схеме справа прилагаются два скетча, на которых проверяется работоспособность. Проекты скомпилированы в среде Arduino 1.8.19. Названия скетчей указаны в нижних строках программ.

На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1, после чего записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 2133, значит, все ответы правильные.

***От редакции.** Скетчи программ находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/09/arduino12.zip** на нашем FTP-сервере.*

1



Какое напряжение должен выдерживать транзистор VT1 между стоком и истоком?
0 - Vси > 40 В;
1 - Vси > 400 В

2

```
// Время выключения реле K1, мкс
volatile unsigned long stime = 0;
volatile unsigned long time_old = 0;
void RL() { stime=micros() - time_old; }
void setup() { Serial.begin(9600);
  pinMode(4, 1); digitalWrite(4, 1);
  Serial.println("Start:"); delay(1000);
  attachInterrupt(0,RL,RISING);
  time_old = micros();
  digitalWrite(4, LOW); delay(500);
  Serial.print("Shutdown time[us] = ");
  Serial.println(stime); }
void loop() {
} // Файл "arduino12_2.ino", 2440 байт
```

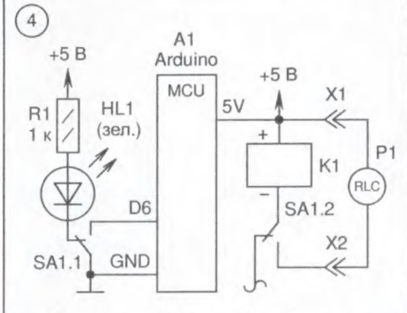
Когда время выключения "stime" [мкс] больше?
0 - при замыкании переключателя SA1;
1 - при размыкании переключателя SA1

3

```
// Тест "дребезга контактов" реле
int tb = 2; // "Bounce time", мс
void setup() { Serial.begin(9600);
  Serial.println("\nStart:");
  pinMode(4, OUTPUT); // D4=выход
  delay(500); digitalWrite(4, HIGH);
  while(digitalRead(3)==0); // Опрос
  delay(tb); // Допусковая задержка
  for(int a=15000; a>0; a--) {
    if (digitalRead(3)==0) tb=9999; }
  Serial.println("Bounce time < "
    + (String)tb + " ms"); }
void loop() {
} // Файл "arduino12_3.ino", 3784 байт
```

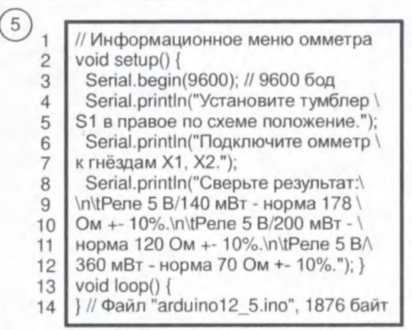
Что тестируется в скетче?
0 - "дребезг контактов" при их размыкании;
1 - "дребезг контактов" при их замыкании

4



Какой логический уровень будет считываться с вывода D6 Arduino в режиме измерения индуктивности прибором P1?
0 - лог. 0;
1 - лог. 1

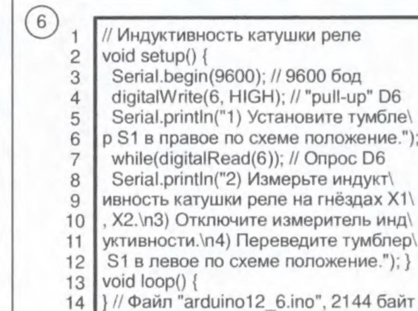
5



```
// Информационное меню омметра
void setup() {
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
  Serial.println("Установите тумблер \
S1 в правое по схеме положение.");
  Serial.println("Подключите омметр \
к гнёздам X1, X2.");
  Serial.println("Сверьте результат:\
\n\tРеле 5 В/140 мВт - норма 178 \
Ом +- 10%.\n\tРеле 5 В/200 мВт - \
норма 120 Ом +- 10%.\n\tРеле 5 В/\
360 мВт - норма 70 Ом +- 10%."); }
void loop() {
} // Файл "arduino12_5.ino", 1876 байт
```

Что изменится, если в Arduino IDE выбрать пункт "Исправить кодировку и перезагрузить"?
0 - текст кириллицы не изменится;
1 - текст кириллицы нельзя будет прочитать

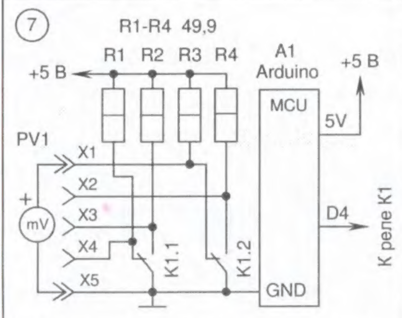
6



```
1  // Индуктивность катушки реле
2  void setup() {
3    Serial.begin(9600); // 9600 бод
4    digitalWrite(6, HIGH); // "pull-up" D6
5    Serial.println("1) Установите тумбле\
6  р S1 в правое по схеме положение.");
7    while(digitalRead(6)); // Опрос D6
8    Serial.println("2) Измерьте индукт\
9  ивность катушки реле на гнёздах X1\
10 , X2.\n3) Отключите измеритель инд\
11 уктивности.\n4) Переведите тумблер\
12  S1 в левое по схеме положение."); }
13 void loop() {
14 } // Файл "arduino12_6.ino", 2144 байт
```

Зачем нужны данные об индуктивности катушки реле K1 (строки 8—10)?
0 - для сверки с техническими параметрами;
1 - для компьютерного моделирования

7



Между какими гнёздами надо измерять падение напряжения на замкнутых контактах реле K1.1, K1.2?
0 - X1—X5; X1—X4; X1—X3; X1—X2;
1 - X1—X5; X2—X5; X3—X5; X4—X5

8

```
1  // Сопротивление контактов K1.2
2  void setup() {
3    pinMode(4, OUTPUT); // D4=выход
4    Serial.begin(9600); // 9600 бод
5    Serial.println("\nConnect a voltmeter \
6  between X1-X5. Press <1>, <Enter>"); }
7  void loop() {
8    while(!Serial.available()); // Опрос
9    int a = Serial.read(); // Чтение
10   digitalWrite(4, HIGH); delay(1000);
11   digitalWrite(4, LOW); delay(1000);
12   Serial.println("If V<5 mV, then \
13 R<50 mOhm. Press <1>, <Enter>");
14 } // Файл "arduino12_8.ino", 2098 байт
```

Что будет, если вместо нажатия <1>, <Enter> в строке 6 нажать <1>, <2>, <3>, <Enter>?
0 - текст: "If V<5 mV..." появится один раз;
1 - текст: "If V<5 mV..." появится три раза

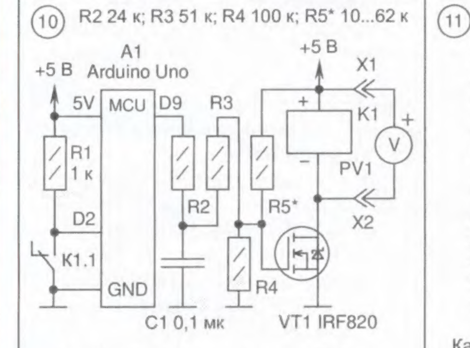
9

```
// Расчёт сопротивления контактов
void setup() {
  pinMode(4, OUTPUT); // D4=выход
  digitalWrite(4, HIGH);
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
  Serial.println("Подключите вольтме\
тр к гнёздам, введите измеренное н\
апряжение [мВ] и нажмите <Enter>");
  while(Serial.available() == 0);
  int relay = Serial.parseInt() * 10;
  Serial.print("R[мОм] = ");
  Serial.println(relay); }
void loop() {
} // Файл "arduino12_9.ino", 2546 байт
```

Что будет напечатано, если ввести с клавиатуры не целое, а дробное число милливольт 2,57?
0 - текст: "R[мОм] = 20";
1 - текст: "R[мОм] = 2570"

10

R2 24 к; R3 51 к; R4 100 к; R5* 10...62 к



В чём назначение резистора R3?
0 - улучшение фильтрации напряжения;
1 - совместимость со схемой из вопроса 1

11

```
1  // Напряжение включения Vpick-up
2  void setup() { int a=0; char flag=0;
3    Serial.begin(9600); // 9600 бод
4    Serial.println("\nStart:");
5    pinMode(9, OUTPUT); // Порт D9
6    TCCR1A = 0b00000001; // 62,5 кГц
7    TCCR1B = 0b00001001; // 8-бит
8    while((!flag) && (a!=255)) {
9      analogWrite(9, a++); delay(40);
10     if(!digitalRead(2)) flag++; }
11   if(!flag) Serial.println("Error!");
12   else Serial.println("Vpick-up ="); }
13 void loop() {
14 } //Файл "arduino12_11.ino", 2268 байт
```

Как надо изменить строку 9, чтобы подобрать оптимальное сопротивление резистора R5*?
0 - analogWrite(9, 0); delay(40);
1 - analogWrite(9, a++); delay(400);

12

```
// Напряжение выключения Vdrop-out
void setup() { int a=255; char flag=0;
  Serial.begin(9600); // 9600 бод
  Serial.println("\nStart:");
  pinMode(9, 1); digitalWrite(9, 1);
  TCCR1A = 0b00000001;  // 62,5 кГц
  TCCR1B = 0b00001001; delay(1000);
  while((!flag) && (a!=0)) {
    analogWrite(9, a--); delay(30);
    if(digitalRead(2)) flag++; }
  if(!flag) Serial.println("Error!");
  else Serial.println("Vdrop-out ="); }
void loop() {
} //Файл "arduino12_12.ino", 2322 байт
```

Через какое время на экране монитора появится сообщение "Error!"?
0 - меньше, чем через 8 с;
1 - больше, чем через 8 с

ПОДПИСКА

на электронную копию журнала "Радио" с доставкой по электронной почте

Электронная копия журнала "Радио" представляет собой копию бумажного журнала "Радио" в виде файла с расширением pdf. Объём файла может достигать 20 мб. На персональных компьютерах журнал можно просмотреть с помощью Adobe Acrobat reader. При необходимости можно распечатать статьи на принтере. На планшетах с операционными системами IOS и Android для просмотра можно использовать встроенные программы просмотра pdf-файлов.

Услуга распространяется только на физических лиц.

На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год.



Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2023 год, а также 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 на 12 месяцев (1 год) стоит 900 рублей.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам понадобится выбрать раздел "платежи и переводы", найти организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О. подписчика, период подписки, сумму 900 руб. и совершить платеж. В случае оплаты через мобильное приложение по QR-коду поля Ф.И.О., период подписки и сумма заполняются автоматически. Вам всего лишь необходимо проверить правильность заполнения этих полей и совершить платёж.

Как только оплата поступит на наш расчётный счёт (как правило, 1—3 рабочих дня), Вам будет выслано уведомление на адрес эл. почты о том, что деньги за подписку поступили. Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой эл. копии журнала "Радио" пишите на zakaz@radio.ru.

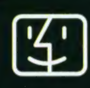
http://el.radio.ru



ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Поддерживаемые ОС









Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР



Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга



Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круглосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Техподдержка компании «Доктор Веб»:

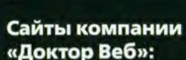
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:

https://www.drweb.ru/user/social







Сайты компании «Доктор Веб»:

https://антивирус.рф

https://drweb.ru





© ООО «Доктор Веб», 2021

125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный),
факс: +7 495 789-45-97